

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

IVAN DRČEC

MEHANIČKA KVALITETA
VALOVITOG KARTONA OVISNO O
SASTAVNICAMA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Darko Babić

Student:

Ivan Drčec

Zagreb, 2012

Rješenje o odobrenju teme

Zahvaljujem mentoru Darku Babiću na plemenitoj pomoći i potpori pri pisanju ovog diplomskog rada, i naravno, članovima moje obitelji koji su mi bili potpora i nesebično mi pomagali u svakom pogledu.

Također zahvaljujem i poduzeću „Bilokalnik“, posebno njegovom direktoru Branku Kovačiću koji mi je izašao u susret i pristao na prijedlog da upravo poduzeće „Bilokalnik“ bude dio moga rada.

I na kraju, ljubaznim članovima njegovog tima Aleksandru Matotanu i Danijeli Dretar koji su mi od samog početka pružili potporu i izlazili mi u susret te koji su bili spremni odgovoriti na sva moja pitanja koja su mi se nalazila na putu da ostvarim svoju viziju i uspješno završim pisanje ovog diplomskog rada.

Sažetak

Ovim se diplomskim radom istražuje mehanička kvaliteta valovitog kartona u ovisnosti o veličini vala, broju valova i sastavnicama od kojih su sastavljeni pojedini valovi. Iskustveno se pokazalo da pri istim sastavnim materijalima a uz promjenu veličine i broja valova te njihovom kombinacijom mijenjamo čvrstoću samog valovitog kartona.

U teorijskom dijelu opisana je proizvodnja valovitog kartona. Ispitivanja su detaljno izvedena u poduzeću Bilokalnik – IPA d.d. u Koprivnici te popraćena sa slikama. Ispitivanja pokazuju svojstva papira od kojih su izrađeni valoviti kartoni, svojstva valovitih kartona te utjecaj papira na čvrstoću valovitog kartona koji je korišten pri izradi samog valovitog kartona. Nakon prikazanih rezultata slijedi analiza rezultata te zaključak o utjecaju sastavnica na čvrstoću valovitog kartona.

KLJUČNE RIJEČI: probojna čvrstoća, valoviti karton, čvrstoća valovitog kartona na gnječenje, vlaga valovitog kartona, Mullen test, gramatura.

Summary

This thesis investigates the mechanical quality of corrugated cardboard, depending on the size of the wave, the number of waves and the components of which are made some waves. Empirically it was shown that the same constituent materials and the change in size and number of waves and the combination of changing the strength of the corrugated cardboard.

In the theoretical part, the production of corrugated cardboard. Tests were carried out in detail in the company Bilokalnik - IPA d.d. Koprivnica and accompanied with pictures. Tests show the properties of paper are made from corrugated cardboard, corrugated cardboard, and properties of paper on the impact strength of corrugated cardboard that is used in the development of corrugated cardboard. After surveying the results of the analysis of results and conclusions about the impact of components on the strength of corrugated cardboard.

KEYWORDS: dielectric strength, corrugated cardboard,corrugatedcardboardon the strengthkneading, Moistcorrugatedcardboard, MullenTest, weights.

Sadržaj

1. Uvod.....	8
2. Podijela ambalaže	9
2.1 Podijela prema ambalažnom materijalu	9
2.2 Podijela prema osnovnoj namjeni u prometu robe	10
2.3 Podijela prema trajnosti.....	11
3. Valovita ljepjenka	12
3.1 Sirovine za proizvodnju valovite ljepenke	12
3.1.1 Vrste papira koje se upotrebljavaju za izradu valovite ljepenke	13
3.1.2 Vrste ljepila koje se upotrebljavaju za izradu valovite ljepenke	14
3.2 Dimenzije i oblici valova	15
3.3 Vrste valovite ljepenke.....	18
3.3.1 Jednoslojni valoviti papir	19
3.3.2 Dvoslojna valovita ljepjenka (jednovalni)	19
3.3.3 Troslojna valovita ljepjenka (jednovalni).....	20
3.3.4 Peteroslojna valovita ljepjenka (dvovalni)	20
3.3.5 Sedmeroslojna valovita ljepjenka.....	21
3.4 Izrada valovite ljepenke	21
3.4.1 Uređaj za vlaženje	22
3.4.2 Uređaj za sušenje.....	22
3.4.3 Prvi agregat	22
3.4.4 Drugi agregat.....	23
3.5 Prerada valovitog kartona i oblikovanje u ambalažu	24
3.5.1 Sloteri	24
3.5.2 Krugorezači	25
3.5.3 Štance	26
3.5.4 Strojevi za formiranje kutija.....	28
4. Ispitivanja.....	29
4.1 Ispitivanja papira.....	29
4.1.1 Određivanje površinske mase (gramature) papira.....	30
4.1.2 Određivanje otpornosti prema prskanju po Mullenu (Bursting test).....	31

4.1.3	Određivanje otpornosti papira za val prema pritisku (CMT)	32
4.2	Ispitivanje valovitog kartona.....	34
4.2.1	Ispitivanje debljine valovitog kartona	34
4.2.2	Određivanje otpornosti prema dinamičkom probijanju.....	35
4.2.3	Određivanje otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu (ECT)	36
4.2.4	Određivanje otpornosti ravne površine valovitog kartona na tlačnu silu (FCT)	38
4.2.5	Određivanje sadržaja vlage (metoda sušenja)	39
5.	Rezultati ispitivanja.....	41
5.1	Rezultati ispitivanja papira.....	41
5.2	Rezultati ispitivanja valovitog kartona.....	44
6.	Analiza rezultata	52
6.1	Analiza rezultata ispitivanja papira	52
6.1.1	Papiri za izradu ravnog sloja	52
6.1.2	Papiri za izradu valovitog sloja	53
6.2	Analiza rezultata ispitivanja valovitog kartona	54
6.2.1	Analiza rezultata debljine valovitog kartona.....	54
6.2.2	Analiza rezultata gramature valovitog kartona	55
6.2.3	Analiza rezultata vlage valovitog kartona	56
6.2.4	Analiza rezultata valovitog kartona prema prskanju po Mullen	56
6.2.5	Analiza rezultata dinamičkog probijanja valovitog kartona.....	57
6.2.6	Analiza rezultata ECT vrijednosti valovitog kartona	58
6.2.7	Analiza rezultata FCT vrijednosti valovitog kartona	58
7.	Zaključak.....	60
8.	Literatura	61
9.	Prilog.....	62

1. Uvod

Jedan od najvažnijih materijala za izradu transportne ambalaže je valoviti karton ili valovita ljepenska, a danas upotrebom mikrovalova i pojedinačne trgovačke ambalaže, vrlo je bitan svojom kvalitetom u praksi. Kvaliteta valovitog kartona, a posebno mehanička čvrstoća bitno se mogu mijenjati ovisno o veličini valova, broju slojeva i broju valova. Do sada su provedena mnoga istraživanja ali informacije koje su dobivene literaturom potvrđuju da je broj slojeva bitan za čvrstoću valovitog kartona. Primarna funkcija transportne ambalaže od valovitog kartona je zaštita proizvoda koji je upakiran u ambalažu kako bi tokom transporta, skladištenja i rukovanja ostao očuvan što je u interesu i proizvođača i krajnjeg kupca. Zbog toga je potrebno vršiti kontrolu ambalaže prije same primjene kako bi se osigurala kvaliteta i ispunila primarna funkcija ambalaže.

U ovom radu ispitivat će se mehanička kvaliteta valovitog kartona ovisno o sastavnicama. No, dosadašnjim se ispitivanjima nije potvrdila pretpostavka da je valoviti karton bolji što su sastavni papiri od kojih je napravljen kvalitetniji. Cilj ovog diplomskog rada je provjeriti da li je moguće od kvalitetnijeg materijala dobiti kvalitetniji valoviti karton ili od manje kvalitetnog materijala možemo dobiti istu kvalitetu valovitog kartona kao i sa kvalitetnijim materijalom.

Zadaci diplomskog rad moraju potvrditi ili odbaciti ciljeve koje smo si zadali, ali da bi te ciljeve potvrdili ili odbacili potrebno je napraviti istraživanja na mnogim materijalima od kojih se proizvodi valoviti karton.

2. Podijela ambalaže

Ambalaža se razlikuje prema ambalažnom materijalu od kojeg je izrađena, dimenzijama, obliku, grafičkoj obradi, namjeni itd. Radi lakšeg sagledavanja proizvodnje i kvalitete ambalaže, njenih funkcija u smislu očuvanja kvalitete upakirane namirnice i uloge u prometu, kao i svih ekonomskih i pravnih pitanja, sva se ambalaža može podijeliti u određene skupine s definiranim zajedničkim svojstvima. Ovisno o svojstvima koja se uzimaju kao osnova podijele, podijela ambalaže se može provesti na više načina.

Ambalaža se može podijeliti u različite skupine s obzirom na odabrano zajedničko svojstvo, a to može biti ambalažni materijal, osnovna namjena u prometu roba, trajnost, funkcija, vrijednost, fizička svojstva itd.

2.1 Podijela prema ambalažnom materijalu

Ambalažni materijal je najvažniji element u kreiranju ambalaže o kojem ovisi izbor tehnologije za proizvodnju ambalaže, kvalitete, izgleda, oblika, namjene, načina uporabe i cijena. Prema materijalu od kojeg je izrađena ambalaža može biti papirna i kartonska, metalna, staklena, drvena, tekstilna, ambalaža od polimernih materijala i višeslojnih materijala koji se još nazivaju i laminati.

Od papira i tanjeg kartona izrađuju se savitljive vrećice različitih dimenzija i prostorno neoblikovana ambalaža za zamatanje roba. Zajedno s drugim materijalima u obliku folija upotrebljavaju se u izradi višeslojne ambalaže. Karton i valovita ljepenka služe za izradu kutija i čaša.

Metali koji se koriste za izradu ambalaže su željezo, aluminij, kositar, cink i olovo koji se upotrebljavaju samo za pakiranje radioaktivne robe. Metalna ambalaža izrađuje se u različitim oblicima od kontejnera, cisterni, bačvi, kanti, limenki do poklopaca za staklenke, zatvarača za boce itd.

Staklo je jedan od najstarijih ambalažnih materijala i danas je vrlo zastupljeno u ambalažnoj industriji zbog mnogih dobrih svojstava. Od stakla se izrađuju boce, staklenke, čaše i ampule.

Drvo se upotrebljava za izradu sanduka, bačava, košara od pruća, transportnih paleta i kalema, ali se danas sve više zamjenjuje drugim materijalima.

Tekstilna ambalaža koja se nekad izrađivala od prirodnih vlakana (npr. vreće od jute) danas se zamjenjuje tekstilnim vlaknima i trakama od polimernih materijala. Upotrebljava se za omatanje bala i izradu vreća i mreža.

Polimerni materijali upotrebljavaju se za izradu ambalaže posljednjih 50 godina a zbog svojih dobrih svojstava i niske cijene zamijenili su neke prirodne materijale, osobito metal, drvo i staklo. Mogu se proizvoditi u gotovo svim ambalažnim oblicima. Zahvaljujući svojim specifičnim svojstvima polimerni materijali omogućili su razvoj novih metoda pakiranja, npr. pakiranje u modificiranoj atmosferi u prodajnim jedinicama.

Kombiniranjem i spajanjem više vrsta različitih materijala u obliku folija dobiju se ambalažni materijali željenih svojstava i relativno niske cijene, a nazivaju se višeslojni materijali ili laminati. Upotrebljavaju se za pakiranje roba kada klasični materijali ne zadovoljavaju, bilo svojim svojstvom, cijenom ili nisu prilagođeni suvremenoj opremi za pakiranje.

2.2 Podijela prema osnovnoj namjeni u prometu robe

Prema osnovnoj namjeni u prometu robe ambalaža se dijeli na prodajnu (primarnu), skupnu (sekundarnu) i transportnu (tercijarnu) ambalažu.

Prodajna ili primarna ambalaža služi za pakiranje robe široke potrošnje u količini koja najbolje odgovara potrebama kupca. Roba upakirana u prodajnu ambalažu predstavlja jedinično pakiranje ili prodajnu jedinicu robe. Ova ambalaža prezentira robu kupcu, mora sadržavati sve potrebne informacije o sastavu i količini robe, uvjetima čuvanja, roku trajanja i načinu uporabe. Prodajna ambalaža mora zaštititi robu i sva

njena originalna svojstva do trenutka uporabe, odnosno mora jamčiti kvalitetu i kvantitetu robe. Također svojim atraktivnim izgledom mora privući pažnju kupca i navesti ga da odabere baš taj proizvod. Budući da se roba troši upravo iz prodajne ambalaže ona mora biti funkcionalna, omogućiti lako otvaranje i zatvaranje ambalaže. Ambalažna jedinica koja sadrži više proizvoda u primarnoj ambalaži tako da je proizvod pristupačan kupcu u skupini, a može se izdvojiti i uzeti pojedinačno, naziva se skupna ili sekundarna ambalaža. Ona racionalizira pakovanje robe u transportnu ambalažu i rukovanje robom u trgovini.

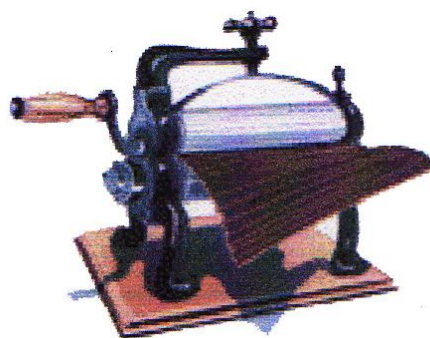
Transportna ili tercijarna ambalaža omogućava prijevoz, pretovar i rukovanje određenom količinom proizvoda pakiranog u prodajnoj i/ili skupnoj ambalaži. Transportna ambalaža zaštićuje robu od svih oštećenja do kojih može doći tijekom transporta, skladištenja i manipulacije robom, osobito od onih koja nastaju zbog mehaničkih opterećenja i atmosferskih utjecaja.

2.3 Podijela prema trajnosti

Ambalaža se prema trajnosti dijeli na povratnu i nepovratnu. Povratna ambalaža je ona ambalaža koja se, nakon što se isprazni, ponovo upotrebljava u istu svrhu. Budući da je trajnija mora biti izrđena od kvalitetnijeg materijala stoga je i skuplja. Povratna ambalaža se prikuplja, vraća proizvođaču koji je nakon čišćenja i pranja ponovo upotrebljava za pakiranje. Uz transportnu ambalažu, koja je uglavnom povratna (bačve, cisterne, sanduci...), u ovu kategoriju spadaju i neke vrste prodajne ambalaže (npr. boce za komprimirane plinove, staklene boce). Nepovratna ambalaža upotrebljava se za pakiranje samo jednom. Najveći dio prodajne ambalaže je nepovratan iz praktičnih i ekonomskih razloga. Nakon što kupac upotrijebi sadržaj ona predstavlja otpad. Velike količine nepovratne prodajne ambalaže postale su ekološki problem. Stoga se danas različitim mjerama potiču proizvođači da proizvode ambalažu koju je moguće ponovo upotrijebiti i/ili reciklirati, odnosno da upotrebljavaju biorazgradljive ambalažne materijale kako bi se nepovoljni utjecaj na okoliš smanjio na najmanju moguću mjeru.

3. Valovita ljepenka

Valovita je ljepenka ambalažni materijal sastavljen od više slojeva međusobno slijepljenih papira od kojih su neki valoviti. Usvajanje proizvodnje valovite ljepenke i njezino prihvaćanje kao ambalažnog materijala odvijalo se vrlo sporo. Prvi put je valoviti papir patentiran u Engleskoj još 1856. godine, ali se malo upotrebljavala za pakiranje. Početak proizvodnje valovite ljepenke može se smatrati 1871. godina, kada je u SAD-u patentiran sličan valoviti materijal koji se upotrebljavao za pakiranje boca. Nekoliko godina kasnije, O. Long patentirao je prvi valovitu ljepenuku sastavljenu ljepljenjem jednog ravnog papira i jednog valovitog papira. Proizvodnja valovite ljepenke u našoj zemlji počela je 1928. godine u Zagrebu, u odjelu „Kromolitografske tvornice Rožankovsky dd“. Tu se proizvodila dvoslojna i troslojna valovita ljepenka. Godine 1936. udružuje se tvrtka „Karton d.d.“ s industrijom papirne robe iz Zagreba. Jedan stroj za proizvodnju valovitog kartona ostao je u Zagrebu, a drugi je montiran u Beogradu, u poduzeću „Va-pa“, gdje je godine 1939. počela proizvodnja valovite ljepenke.



Slika 1. Ručni stroj za izradu valovitog sloja

3.1 Sirovine za proizvodnju valovite ljepenke

Osnovne sirovine za proizvodnju valovite ljepenke jesu papiri i kartoni različite kvalitete i gramature, a za ljepljenje ravnih na valovite slojeve upotrebljavaju se razna

ljepila. Valovita ljepenka je cijenjen ambalažni materijal, prije svega zbog svojih vrlo dobrih mehaničkih svojstava u odnosu prema svojoj gramaturi i cijeni. Zato se tim svojstvima valovite ljepenke mora posvetiti velika pažnja i pri izboru papira za njezinu proizvodnju, jer oni nedvojbeno utječu na mehanička svojstva valovite ljepenke.

3.1.1 Vrste papira koje se upotrebljavaju za izradu valovite ljepenke

PAPIR OD POLUCELULOZE. Ima relativno gustu strukturu i zatvorenu površinu. Valovi od poluceluloze su kruti, ali vrlo jaki. Papir od poluceluloze izrađuje se u gramaturama od 120 do 180 g/. Osim za val, ta se sirovina može rabiti za ravne unutrašnje dijelove valovite ljepenke.

NATRON-PAPIR. Dobiva se od bijeljene ili nebijeljene sulfatne celuloze dugih celuloznih vlakana. To su gusti savitljivi papiri. Obično su s jedne strane glatki. Ta strana služi kao vanjska strana kartona, a hrapava se okreće unutra i ljepilom spaja za val. Natron se uglavnom rabi za ravne površine valovite ljepenke. Izrađuje se gramature od 100 do čak 450 g/. Za transportnu ambalažu natron-papir se u procesu proizvodnje ili naknadno može i oplemeniti s jedne (buduće vanjske) strane. Oplemenjivanje se provodi radi postizanja otpornosti na vodu, a obavlja se prskanjem bitumenom, melaninskim ili rezorcijskim smolama, parafinom ili polietilenom. Danas se valovita ljepenka oplemenjuje s vanjske strane aluminijskim folijama koje su vakuumski ili varenjem spojene s natron-papirom.

ŠRENC-PAPIR. Izrađuje se od nerazvrstanih papirnih otpadaka, punila i manje količine celuloze kao dodatka. Pretežno je sivosmeđe boje, a težina mu je između 90 i 230 g/. Zbog svoje voluminozne strukture, vrlo dobro upija ljepilo i može poslužiti i za izradu vala i za ravne površine. Šrenc se u nas često rabi za izradu kutija koje ne moraju biti vrlo kvalitetne.

VIŠESLOJNI PAPIR. Neki od višeslojnih papira su: bezdrveni papir, superior-papir, sulfitni papir i dr. koji služe za izradu valovite ljepenke od koje se prave kutije za

komercijalna pakiranja. Oplemenjeni, dobro punjeni i bijeljeni, vanjski sloj daje jačinu natronu, a vrlo su pogodni za sva likovna i grafička rješenja.

FLUTING-PAPIR. Služi za izradu valovite ljepenke. Danas se najčešće rabi upravo taj papir. Izrađuje se od poluceluloze, kemijske drvenjače, celuloze, starog papira ili od tih mješavina. Rabi se za izradu vala i na tržište se isporučuje kao papir težine 112, 127, 135 i 150 g/

KRAFTLAJNER-PAPIR. Isporučuje se strojno gladen, a izrađen je pretežno od nebijeljene celuloze četinara. Uglavnom se rabi za izradu valova. Proizvodi se u težinama 125, 150, 200, 225 i 250 g/ Njegova otpornost na trganje prema Mullenu kreće se između 0,56 i 0,95 N/cm, ovisno o njenoj gramaturi. Sadržaj relativne vlage ne smije biti veći od 8 %.

3.1.2 Vrste ljepila koje se upotrebljavaju za izradu valovite ljepenke

Na kvalitetu valovite ljepenke utječe i izbor ljepila. Čvrstoća slijepljenih dijelova mora biti nešto veća od čvrstoće papira, tako da se slijepljeni dijelovi ne mogu odvojiti bez kidanja papira. Ljepila ne smiju prodirati duboko u unutrašnjost papira, niti se zbog male viskoznosti smiju razlijevati po papiru. Brzina vezivanja ljepila mora biti jako velika i usklađena s brzinom rada stroja za proizvodnju valovite ljepenke.

Za lijepljenje slojeva valovite ljepenke upotrebljava se vodeno staklo i škrobno ljepilo, a u najnovije vrijeme sve se veća pažnja posvećuje i sintetičkim ljepilima.

Vodeno staklo (natrij-silikat), upotrebljava se u obliku vodene otopine kao ljepilo za lijepljenje papira. Vodeno staklo vrlo dobro i dosta brzo lijepi slojeve valovite ljepenke, a jeftinije je od drugih ljepila. Ono pojačava vrh vala i na taj način povećava čvrstoću valovite ljepenke. Osim toga vrlo je postojano, ne treba ga miješati za vrijeme upotrebe, kemijski se ne mijenja, nema mirisa, nije zapaljivo i ne napadaju ga mikroorganizmi. Od loših svojstava vodenog stakla treba spomenuti njegovu higroskopičnost, zbog koje ovo ljepilo u vlažnoj atmosferi može izgubiti moć vezivanja.

Valovita ljepenka slijepljena vodenim staklom ne koristi se izravno za pakiranje namirnica.

Škrobno ljepilo nalazi se na tržištu kao prirodni biljni škrob ili kao mješavina prirodnoga i umjetnog škroba. Mješavina se proizvodi industrijski, u velikim količinama i isporučuje u hermetički zatvorenim posudama. Prirodni biljni škrob pripremi se neposredno prije uporabe, obično tik uz stroj za izradu valovite ljepenke.

Škrob se dobiva od sjemena žitarica i gomolja krumpira. U nas se pretežno proizvodi od kukuruza. Izgledom je to bijeli prah netopljiv u hladnoj vodi. Pri povišenoj temperaturi škrobna zrnca upijaju vodu i bubre te tako stvaraju nehomogeno škrobno ljepilo. Stoga se ono mora neprestano miješati na stalnoj temperaturi. Osnova druge vrste škroba, miješanog škroba, jest pšenični ili kukuruzni škrob, a umjetni škrob u suspenziji određuje ponašanje ljepila kao tekućine, sposobnost prodiranja i vlaženja. Prednosti škrobnog ljepila su: ne oštećuje dijelove stroja i lako se čisti, pri ljepljenju malogramskih papira može biti gušće da ne probije papir, podnosi velike brzine rada stroja, ima izvrsnu elastičnost, bolje veže od bilo kojeg ljepila. Nedostaci škrobnog ljepila su: skuplje je od vodenog stakla, potreban je veliki pogon za pripremu ljepila.

3.2 Dimenzije i oblici valova

Osim papira veliki utjecaj na kvalitetu valovite ljepenke imaju dimenzije i oblik valova. O njima ovise najvažnija mehanička svojstva valovite ljepenke. Valovi imaju oblik sinusoide, (*slika 2*) jer se takvi valovi lako izrađuju i daju dobra mehanička svojstva valovitoj ljepenci. Vrhovi valova se ljepljenjem pričvrste na ravan papir, ali valoviti i ravni sloj moraju biti dobro sljepljeni. Kad je riječ o profilu ili obliku vala možemo smatrati, barem teoretski, da bi trokutasta forma, na V, bila idealan izbor. Međutim, aktualna tehnologija strojeva za izradu valovitog kartona ne omogućuje izradu kutova pa su proizvođači pribjegli zaobljavanju kuteva.

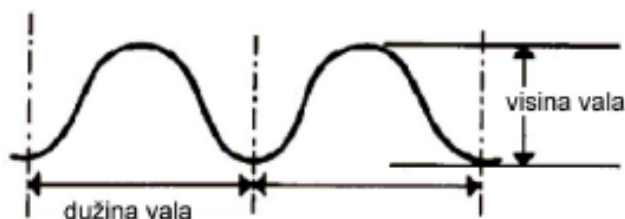
Dakle, oblik vala definiran je:

- **visinom vala:** razmakom između vrha i dna šupljine vala

- **korakom vala:** razmakom vrhova dvaju susjednih valova
- **brojem valova:** brojem valova sadržanih u 1 m kartona

Tablica 1: Vrste valova i njihove dimenzije prema DIN - 55468

Vrsta valova		Prosječna dužina vala (mm)	Prosječna visina vala (mm)
Kratica	Naziv		
A	grubi val	8,7	4,7
B	mali val	6,0	2,8
C	veliki val	7,3	3,8
E	sitni val	3,3	1,4
F	mikro val	2,6	0,75

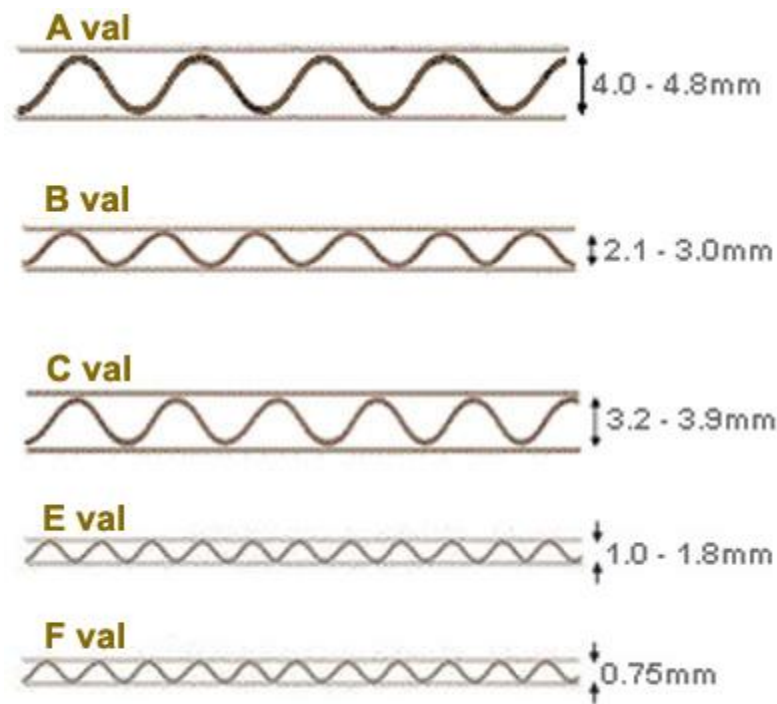


Slika 2. Dužina (korak vala) i visina vala

Danas se u proizvodnji valovite ljepenke upotrebljavaju četiri tipa vala:

- A-val (veliki val),
- B-val (mali val),
- C-val (srednji val),
- E-val (mikro val).

Svaki od ovih valova ima neka karakteristična mehanička svojstva po kojima se razlikuje od ostalih valova i prenosi svoja svojstva na valovitu ljepenu. Troslojni se valoviti kartoni mogu izraditi sa svim vrstama valova, dok se petoslojni i sedmoslojni valoviti karton može izraditi samo sa A, B i C valom. Osim tih standardnih veličina vala postoji još i val veći od A vala kao i sitniji od F vala.



Slika 3. Vrste valova

Val A ima malu čvrstoću na tlak, ali najbolje ublažava dinamička opterećenja okomita na površinu ljepenke, jer osigurava najdulji put kočenja. Ljepenka sovim valom, ima u smjeru pružanja vala, najveću čvrstoću na savijanje i izvijanje, a u smjeru okomitom na smjer pružanja vala najmanju. Osim toga ova ljepenka ima najveću čvrstoću na probijanje.

Val B ima veliku čvrstoću na tlak, ali slabo amortizira dinamička opterećenja. Ljepenka s ovim valom ima manju čvrstoću na savijanje i izvijanje u smjeru pružanja valova, ali joj je zato čvrstoća na savijanje i izvijanju okomitom smjeru na smjer pružanja valova prilično velika u odnosu prema istoj čvrstoći ljepenka s većim valom.

Val C je po svojim mehaničkim svojstvima, kao uostalom i po svojim dimenzijama, na sredini između malog i velikog vala. On se, dakle, ne ističe ni po velikoj čvrstoći na tlak ni po velikoj čvrstoći na savijanje i izvijanje.

Val E ima najveću čvrstoću na tlak i najmanju čvrstoću na savijanje i izvijanje. Upotrebljava se isključivo za proizvodnju valovite ljepenke namijenjene izradi prodajne ambalaže.

Val F je još sitniji val od E vala te ga vrlo malo proizvođača izrađuje. Razvijen je u Europi s namjerom da se napravi ambalaža s manjim sadržajem vlaknaca.



Slika 4. Valovita ljepenka sa različitim veličinama valova

3.3 Vrste valovite ljepenke

Prema broju slojeva papira razlikujemo nekoliko vrsta valovite ljepenke, a to su:

- Jednoslojna
- Dvoslojna (jednovalna)
- Troslojna (jednovalna)
- Peteroslojna (dvovalna)
- Sedmeroslojna (trovalna)

3.3.1 Jednoslojni valoviti papir

Isporučuje se u kolutima, rijetko u određenom formatu. Proizvodi se od različitih vrsta papira, različitih gramatura i kvaliteta.



Slika 5. Jednoslojni valoviti papir

3.3.2 Dvoslojna valovita ljepenka (jednovalni)

Isporučuje se u rolama i arcima. Proizvodi se od raznih vrsta papira i s raznim tipovima valova, a izbor vrste papira i tipa vala ovisi o namjeni valovite ljepenke i opterećenjima kojima je u toku upotrebe izložena.

Dvoslojni valoviti karton dobiven je sljepljivanjem jednog sloja valovitog papira i sloja ravnog papira. Lako se savija u smjeru pružanja vala. Koristi se za unutarnje pakiranje proizvoda ili za izradu jastuka za unutarnje pakiranje proizvoda. Najčešće se izrađuje sa A, B i C valom. Dvoslojna se valovita ljepenka lako savija paralelno sa smjerom pruženja valova, a isporučuje se u obliku svitaka.



Slika 6. Dvoslojna valovita ljepenka

3.3.3 Troslojna valovita ljepenska (jednovalni)

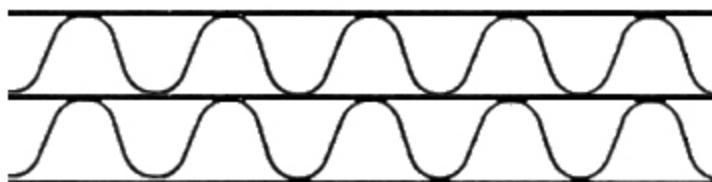
To je najčešća varijanta valovitog kartona. Dobiva se tako da se na dvoslojni valoviti karton lijepi još jedan sloj ravnog papira. Nije savitljiv već ima svoju čvrstoću i krutost pa se koristi za izradu transportnih ili prodajnih kutija. Koristi se za izradu pregrada i uložaka za zaštitu proizvoda u unutarnjem pakiranju od raznih udaraca ili međusobnog dodira. Prodajna se ambalaža izrađuje s E valom. Proizvodi se u pločama.



Slika 7. Troslojna valovita ljepenska

3.3.4 Peteroslojna valovita ljepenska (dvovalni)

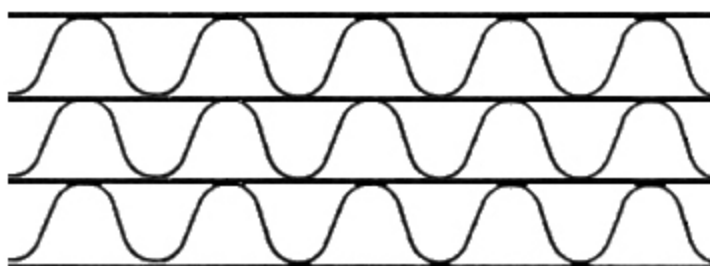
Sastoji se od dva valovita i tri ravna sloja. Valoviti su papiri uglavnom različitih profila odnosno visina. Koristi se za izradu transportne ambalaže za pakiranje teške robe te za izradu svih vrsta kutija za pakiranje i unutrašnju zaštitu proizvoda osjetljivih na lom. S obzirom na to da je načinjen od dvaju valovitih slojeva, ti su valoviti slojevi redovito različitih vrsta valova npr.: A val (veliki) i B val (mali), a raspoređeni su u ploči tako da je mali val okrenut prema licu valovitog kartona, a veliki prema naličju valovitog kartona. Krući je i teži po kvadratnom metru od troslojnog valovitog kartona.



Slika 8. Peteroslojna valovita ljepenska

3.3.5 Sedmeroslojna valovita ljepenska

Sastoji se od 7 čvrsto slijepljenih slojeva papira - četiri ravna i tri valovita. Valovi mogu biti iste ili različite visine. Gotovo uopće nije savitljiv te se teško probija i krući je od peteroslojnog valovitog kartona. Koristi se za izradu posebnih kutija za pakiranje te za pakiranje teških uređaja i strojeva. Izrađuju se u svim veličinama valova osim s E valom. Po kvadratnom metru mogu težiti i do 2000 g/m^2 .



Slika 9. Sedmeroslojna valovita ljepenska

3.4 Izrada valovite ljepenke

Valoviti karton izrađuje se na stroju posebne izvedbe, s obzirom na specifičnost izrade. Na strojevima koji se izrađuju danas, može se raditi valoviti papir, troslojni i peteroslojni valoviti karton. Strojevi za izradu valovitog kartona razlikuju se po svojoj radnoj širini i dužini stroja. Ide se na sve veće radne širine strojeva. Danas postoje strojevi sa radnom širinom i do 2 metra, pa i više. Dužina strojeva kreće se i do 80 metara. Radne brzine strojeva su od 50 do 200 m/min, što ovisi o načinu lijepljenja i kvaliteti ljepila, izvedbe stroja i kvalitete papira.

Uređaj za izradu valovitog kartona izrađuje ploče valovitog kartona od papira koji se na uređaj ugrađuju u rolama. Stroj se sastoji od **uređaja za vlaženje** i **uređaja za sušenje**.

3.4.1 Uređaj za vlaženje

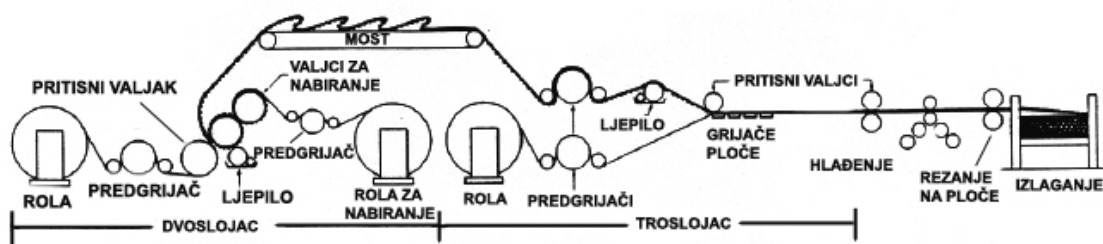
Papir se obrađuje parom i ljepilom. Prvo se papir žlijebi prolaskom između dvaju žljebastih valjaka pod djelovanjem topline, vlage i tlaka. Ljepilo se nanosi na valoviti sloj i slijedi ljepljenje ravnog papira na valoviti papir kako bi se izradio dvoslojni valoviti karton. Trake dvoslojnog valovitog kartona se transportiraju do mjesta gdje se nanosi ljepilo na jednu ili više traka valovitog kartona i sljepljuju se trake dvoslojnog valovitoga kartona s trakom ravnoga papira kako bi se izradio troslojni valoviti karton. Slijedi pritisak i sušenje trake.

3.4.2 Uređaj za sušenje

U uređaju za sušenje se traka uzdužno i poprečno žlijebi te poprečno reže da bismo od beskonačne trake dobili ploče valovitog kartona željenog formata. Potom se transportira i odlaže. U dijelu za vlaženje smještena su dva agregata od kojih se svaki sastoji od više jedinica.

3.4.3 Prvi agregat

Valoviti se karton izrađuje od papirne role smještene na nosaču role. Sastoji se od dva dijela kako bi se promijena role mogla odvijati bez prekida proizvodnog procesa. Predgrijač je smješten između nosača trake ravnog papira i jednostranog uređaja a sastoji se od čeličnog cilindra promjera 900 mm i zagrijava parom temperature od oko 180°C. Traka prolazi preko cilindra i zagrijava se kako bi se povisila njezina sposobnost prihvaćanja ljepila.



Slika 10. Shematski prikaz izrade valovitog kartona

Najvažniji dio prvog agregata je jednostrani uređaj na kojemu se traka papira za valoviti sloj žlijebi, a zatim lijepi s ravnim slojem papira. Papir za valoviti sloj prolazi između gornjeg i donjeg žljebastog valjka koji su zagrijani parom na oko 180°C . U trenutku prolaska između valjaka, traka papira ima veću brzinu od obodne brzine valjka. Papir pripremljen za valoviti sloj pod djelovanjem topline, vlage i pritiska preuzima oblik valjka za žljebljenje. Na vrhove valovitog papira nanosi se ljepilo i to preko valjka uronjenog u kadu s ljepilom. Traka ravnog papira istodobno prelazi preko predgrijača gdje se zagrijava, zatim preko pritisknog valjka na traku valovitog papira, te se pritisne i s njime zalijepi. Tako smo dobili dvoslojni valoviti karton. Traka dvoslojnog valovitoga kartona transportnim mostom odlazi do drugog agregata.

3.4.4 Drugi agregat

Tu se jedna ili više traka dvoslojnog valovitog kartona vodi s trakom ravnog papira i lijepi. Predgrijač može biti dvostruki, trostruki ili četverostruki, a zagrijava traku dvoslojnog valovitog kartona i traku ravnog papira za ravni sloj. Valjak za nanošenje ljepila kreće se nešto sporije od same trake dvoslojnog valovitog kartona (kod svih je valova brzina ista). Zadnji dio tog agregata - uređaj za sljepljivanje - sastoji se od grijaćih ploča i remena tako da obuhvaća sušnu partiju i vučnu sekciju. Grijaće ploče sastoje se od čeličnih cijevi instaliranih poprečno u odnosu na smjer kretanja trake. Grijači ploče daju toplinu potrebnu za vezanje škroba u ljepilo i zaslužne su za korektno sljepljivanje. Ukratko, iz kartona otklanjaju vodu dovedenu ljepilom.

Vanjski ravni sloj valovitog kartona prelazi direktno preko grijaćih ploča. U kontaktu s prvim pločama škrob se u ljepilu odmah želira i pri tome sljepljuje jednu traku s drugom. Pomoću valjaka za opterećenje gornji remen pritišće traku valovitog kartona prema grijaćim pločama kako bi se postigao dobar toplinski prijelaz. U dio za sušenje spada i rezanje valovitog kartona (uzdužno i poprečno) kao i odlaganje i transport. Brzi poprečni rezač smješten je između uređaja za sljepljivanje i uređaja za žljebljenje i rezanje. Njime se sa strane izrezuju otpadni dijelovi, a služi i za mijenjanje formata pri čemu traku prereže poprečno. Zatim traka dolazi na uređaj koji je uzdužno reže na željenu dimenziju. Ako ploča poslije ide na sloter (stroj za izradu prireza složive transportne kutije), onda se tu radi i žljebljenje okomito na valove. Žljebovi odgovaraju visini gotovih kutija.

Traka valovitog kartona na kraju dolazi do poprečnog rezača koji ju reže na pravokutne ploče, slaže na hrpu i transportira u međuprostor (skladište). Proizvedene ploče valovitog kartona ne smiju biti ni previše vlažne ni previše suhe, nego moraju imati određenu vlažnost radi zadržavanja ili stjecanja elastičnosti koja je potrebna u izradi ambalaže.

3.5 Prerada valovitog kartona i oblikovanje u ambalažu

Strojeve za proizvodnju ambalaže od valovitog kartona možemo svrstati u grupe prema radnim operacijama koje se na njima vrše. Tako razlikujemo pripremne strojeve, strojeve za žljebljenje, rezanje, izrezivanje, perforiranje, strojeve za označavanje mjesta pregiba i spajanja, strojeve za spajanje te formiranje ambalaže. Od svakog navedenog stroja postoji više tipova, ovisno o konstrukcijskom rješenju, dimenzijama ambalaže, spajanju itd.

3.5.1 Sloteri

Sloteri su strojevi pomoću kojih se valoviti karton priprema za izradu ambalaže. Na sloterima se vrši žljebljenje odnosno rade se pregibi gdje će se kutija savinuti zatim izrezivanje proreza, rezanje te otiskivanje. Dijelimo ih na male, srednje i velike, ovisno

o veličini ambalaže i vrsti valovitog kartona. Postoje sloteri na kojima se odmah vrši i otiskivanje (do 5 boja). Na ulaznu stranu slotera se postavljaju ploče od valovitog kartona. Jedna po jedna ulaze među valjke s noževima za izrezivanje i rezanje, te među valjke s izbočinama za žlijebljenje (udubljivanje) valovitog kartona.

Ukoliko je ugrađena tiskovna jedinica (ili više njih) ploča valovitog kartona prolazi između valjaka za otiskivanje. Radne operacije teku ovim redom: udubljivanje, otiskivanje, izrezivanje ili rezanje.



Slika 11. Sloter sa tiskovnom jedinicom

3.5.2 Krugorezači

Krugorezači se koriste za izradu ambalaže manjih dimenzija te dijelova za unutrašnje pakiranje (ulošci, pregrade) odnosno za ono što nije moguće izraditi na sloteru zbog njegovih specifičnih ograničenja ili što ne bi bilo ekonomično izraditi na sloteru (manje narudžbe). Predradnje žljebljenja ili rezanja mogu se izvesti na stroju za izradu valovitog kartona. Kod krugorezača se ploče određene veličine postavljaju na stol stroja te se jedna po jedna ulaže među valjke s noževima, a s druge strane izlaze oblikovane ploče ili dijelovi za izradu ambalaže i unutrašnjih dijelova.



Slika 12. Krugorezač

3.5.3 Štance

Štancanje je postupak izrezivanja cijelog prireza kutije iz jednog arka ili lista papira odnosno kartona. To je trenutačan proces i cijela se kontura prireza izrezuje u jednom zahvatu. Štancanjem se izrađuju svi oblici i vrste kartonskih kutija. Izrezuju se posebni i složeni oblici, obavlja se perforiranje, urezivanje, žlijebljenje i dr.



Slika 13. Štanca

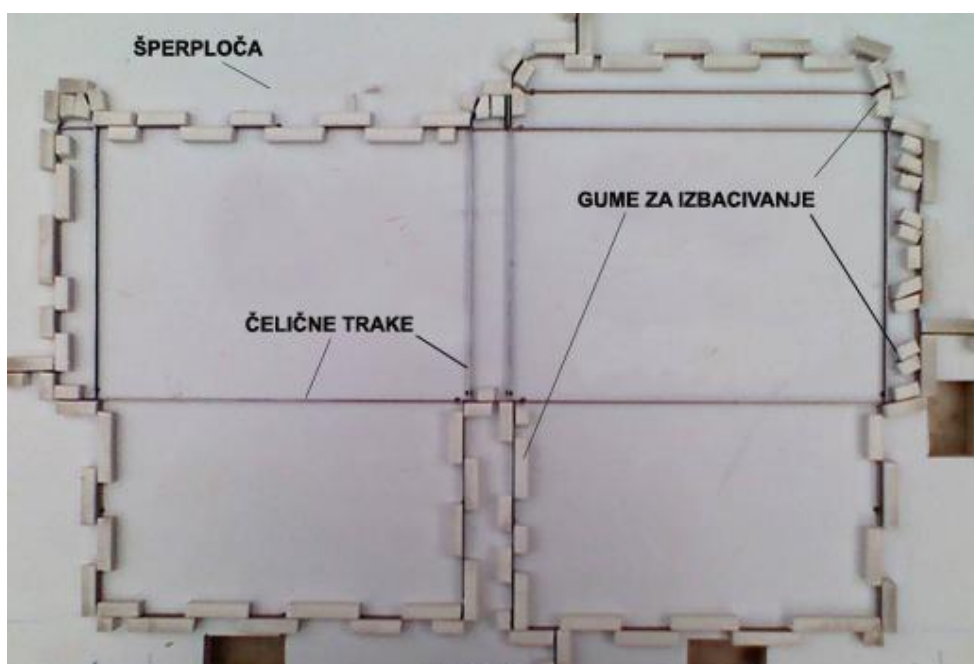
Alat za štancanje se sastoji od nosača čeličnih traka, čeličnih traka, gumenih izbacivača i protuploče. Nosači čeličnih traka mogu biti od šperploče, slijepog tiskarskog materijala, poliuretana ili čeličnih brušenih blokova. Izrada nosača od šperploče je brža i jeftinija, a suvremene metode izrade (lasersko izrezivanje) daju veliku točnost.

Kanali na protuploči se izrađuju od tvornički pripremljenih kanala. Karakteristike tih kanala su brza izrada protuploče, lak popravak oštećenog kanala, širok raspon namjene, mogućnost rezanja na potrebne dimenzije, nužnost uporabe posebnih kliješta te jednostavna montaža.

Proces štancanja obuhvaća slijedeće faze:

- **ulaganje arka**
- **štancanje** (žljebljenje, linije za žljebljenje, za rezanje, za perforiranje, gumni izbacivači, nosači čeličnih traka, protuploča, kanali)
- **optrgavanje**
- **izlaganje**

Nakon toga prirez kutije je spreman za daljnju doradu odnosno za sklapanje same kutije ako je to potrebno.



Slika 14. Primjer alata za štancanje

3.5.4 Strojevi za formiranje kutija

Svrha ovih strojeva je spajanje i prostorno oblikovanje kutija da bi se mogle upotrebljavati. To se postiže šivanjem žicom, lijepljenjem ili zaticanjem. Strojeve za formiranje kutija možemo podijeliti na:

- strojeve za šivanje žicom (okrugla ili plosnata žica)
- kutne ljepilice (kutno spajanje kutija lijepljivim vrpčama)
- strojevi za zakivanje (ravno i kutno spajanje metalnim zakovicama)
- strojevi za lijepljenje jezičca
- strojevi za prostorno oblikovanje kutija (eng. box erector)

4. Ispitivanja

Prije početka izrade valovitog kartona kao i same ambalaže od valovitog kartona potrebno je ispitati sirovine za izradu valovitog kartona te valoviti karton. Ispitivanja su nam potrebna kako bi osigurali i kontrolirali potrebnu kvalitetu ambalaže. Za ispitivanje papira i valovitog kartona postoje specifične metode koje su povezane s namjenom sirovina odnosno ambalaže.

Sva ispitivanja papira (koji dio sastava valovitog kartona) i valovitog kartona provedena su prema definiranim normama za izvođenje ispitivanja. Ispitivanja su provedena u kondicioniranim uvjetima, pri temperaturi od $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ te pri relativnoj vlazi od $50\% \pm 2\%$.

4.1 Ispitivanja papira

Za izradu valovitog kartona upotrebljavaju se sve vrste papira od 60 do 450 g/m^2 . Potrebna kvaliteta papira za izradu valovitog kartona određuje se na temelju površinske mase (gramature), debljine papira, sadržaju vlage, otpornosti na kidanje, otpornosti na probijanje i drugih svojstava.

Papiri od kojih su ispitivani valoviti kartoni su:

Za izradu ravnog sloja:

- o Šrenc od 90 g/m^2
- o Šrenc od 100 g/m^2
- o Kraft od 125 g/m^2
- o Testliner od 100 g/m^2
- o Testliner od 110 g/m^2
- o Testliner od 130 g/m^2
- o Testliner od 165 g/m^2
- o Bijeli testliner od 130 g/m^2

- o Bijeli testliner od 135 g/m²
- o Bijeli testliner od 160 g/m²
- o Bijeli testliner od 180 g/m²

Za izradu valovitog sloja:

- o Fluting od 90 g/m²
- o Fluting od 100 g/m²
- o Fluting od 127 g/m²
- o Fluting od 145 g/m²

Uzorke papira analizirao sam u laboratoriju gdje sam ispitao sljedeća svojstva:

Ispitivanje papira za ravni sloj:

- o površinska masa (gramatura)
- o otpornost prema prskanju po Mullenu

Ispitivanje papira za val:

- o površinska masa (gramatura)
- o otpornost papira prema prskanju (CMT)

4.1.1 Određivanje površinske mase (gramature) papira

Metoda se primjenjuje pri ispitivanju papira (ulazna kontrola sirovine) i valovitog kartona.

Postupak

Iz uzoraka papira dostavljenih na analizu ili ploča valovitog kartona izreže se epruveta 100 X 100 mm, površine 10000 mm² pomoću šablone za izrezivanje. Epruveta se važe na automatskoj vagi s digitalnim ispisom vrijednosti i točnošću od 0,001g. Očitana vrijednost u gramima preračunava se (s obzirom na površinu epruvete) i iskazuje u g/m², zaokružena na cijeli broj.

Uređaj

Digitalna vaga Technica Exacta 1200 EB za određivanje površinske mase 1m papira; rezultat se iskazuje u g/m^2 .



Slika 15. Digitalna vaga

4.1.2 Određivanje otpornosti prema prskanju po Mullenu (Bursting test)

Primjenjuje se pri ispitivanju papira za ravni sloj i valoviti karton. Određuje se otpornost definirane površine uzorka prema ravnomjerno rastućem pritisku koji djeluje na jednu stranu epruvete sve do trenutka njezina prskanja. Što veći pritisak uzorak može podnijeti, to je kvaliteta papira, odnosno valovitog kartona, bolja.

Postupak

Pomoću šablone dimenzija 110×220 mm izreže se epruveta iz uzorka papira ili iz ploče valovitog kartona. Uzorak se postavi na postolje uređaja. Princip rada uređaja temelji se na gumi koja se širi komprimiranjem glicerina u glavi Mullen aparata čime se postiže prskanje papira odnosno valovitog kartona. Uređaj se uključi te nakon prskanja na digitalnom zaslonu očitamo rezultat mjerenja. Vrijednost se izražava u kPa. Ispituje se lice i naličje uzorka u više epruveta, te se od svih dobivenih vrijednosti izračuna srednja vrijednost.

Uređaj

Za ispitivanje otpornosti papira na prskanje koristili smo Mullen aparat TecnoLab BS 20 E (za papir) i TecnoLab BS 50 E (za valoviti karton).



Slika 16. Uređaj za ispitivanje otpornosti papira prema prskanju po Mullenu

4.1.3 Određivanje otpornosti papira za val prema pritisku (CMT)

Ispitivanje papira i papira za val – flutinga. Pri određivanju otpornosti papira za izradu valovitog sloja određuje se otpornost laboratorijski izrađenog vala prema pritisku ravne ploče. Metoda se primjenjuje za ispitivanje papira koji se koristi za val u proizvodnji valovitog kartona.

Postupak

Iz uzorka ispitivanog papira izrežu se dvije epruvete dimenzija 150 X 12,7 mm (veća mjera je u smjeru vala). Ispituju se po dva uzorka, jedan odmah po izradi - CMT 0, a drugi nakon 30 minuta - CMT 30. Uključuje se termostatski uređaj za laboratorijsku izradu vala podešenog na 175°C. Nakon što je postignuta temperatura zagrijavanja, izradi se val umetanjem epruvete u uzdužnom smjeru u uređaj. Izrađeni se val izvadi iz izlaznog otvora i stavi u nazubljeni greben, gdje se pomoću češlja utisne u zupčane razdjelke, te čvrsto i ravno prilijepi ljepljivom trakom preko izbočenih grebena i ravnih krajeva epruvete. Izrađena se epruveta ispituje na Crash testeru po izradi i nakon 30

minuta. Prije ispitivanja otpornosti laboratorijski izrađenog vala na tlačni pritisak potrebno je postaviti ploču kojom se dobiva mjerno područje od 0 – 125 kp ispod ploče za prešanje. Ispitivana epruveta postavlja se u sredinu donje ploče uređaja. Mjerna se kazaljka uređaja podesi na nulu te se pritiskom zaporne poluge započinje s mjerenjem. Promatra se spuštanje gornje ploče i u trenutku gnječenja (prešanja) vala zaustavlja se uređaj te prebacuje na dizanje. U trenutku gnječenja vala, mjerna se kazaljka zaustavlja, te se očitava dobivena vrijednost u mm.

Rezultat

Očitana vrijednost u mm preračunava se u Newton (N) prema tablici za preračunavanje CMT –a. Rezultat se iskazuje u Newtonima (N).

Uređaj

Korišten je uređaj za određivanje otpornosti valova prema pritisku (CMT test) TecnoLab D 4000N.



Slika 17. Višenamjenski uređaj za ispitivanje otpornosti papira prema pritisku (CMT)–
ispitivanje papira i papira za val –flutinga

4.2 Ispitivanje valovitog kartona

Kod kontrole ploča valovitog kartona provedena su sljedeća ispitivanja:

- o ispitivanje vlage valovitog kartona (na isti način kao i kod ispitivanja vlage papira),
- o ispitivanje debljine valovitog kartona (na isti način kao i kod ispitivanja debljine papira),
- o ispitivanje površinske mase valovitog kartona (na isti način kao i kod ispitivanja površinske mase papira),
- o ispitivanje otpornosti prema prskanju po Mullenu (na isti način kao i kod ispitivanja otpornosti prema prskanju po Mullenu kod papira),
- o ispitivanje otpornosti valovitog kartona prema dinamičkom probijanju
- o ispitivanje otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu (ECT)
- o ispitivanje otpornosti ravne površine valovitog kartona na tlačnu silu (FCT)

4.2.1 Ispitivanje debljine valovitog kartona

Debljina valovitog kartona je udaljenost dviju krajnjih paralelnih površina ploče valovitog kartona.

Postupak

Iz uzorka valovitog kartona izrezuje se po 10 epruveta s različitih mjesta na ploči valovitog kartona te na udaljenosti od najmanje 50 mm od ruba. Izrezane se epruvete ostavljaju 24 sata u klimatiziranim uvjetima. Određivanje debljine vrši se elektronskim mikrometrom i to tako da se izmjeri debljina jedne epruvete na 5 različitih mjesta. Izračunavanjem aritmetičke sredine dobivamo srednju vrijednost debljine valovitog kartona.

Uređaj

Elektronski mikrometar sa digitalnim zaslonom proizvođača Lorentzen & Wettre.



Slika 18. Elektronski mikrometar

4.2.2 Određivanje otpornosti prema dinamičkom probijanju

Ispituje se otpornost prema probijanju čvrstog tijela u obliku trostrane piramide (probojno tijelo) pričvršćene na klatno, okomito na površinu valovitog kartona.

Postupak

Iz sredine ploče valovitog kartona izreže se epruveta dimenzije 175 x 175 mm te se stavi između stezaljki uređaja i pritegne. Otpornost prema dinamičkom probijanju ispituje se na licu i naličju epruvete. Vršiti se deset mjerenja za svaku stranu. Prije mjerenja stavlja se uteg od 6 J kod ispitivanja troslojnog valovitog kartona, odnosno od 12 J kod ispitivanja peteroslojnog valovitog kartona. Uključi se mehanizam za otpuštanje klatna. Probojno tijelo mora potpuno probiti ispitivanu epruvetu i proći na drugu stranu valovitog kartona. Na mjernoj skali uređaja očitava se količina energije utrošene za probijanje epruvete.

Rezultat

Izračuna se aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti za lice i naličje ispitivanog uzorka. Rezultat se iskazuje u Joulima (J).



Slika 19. Punktometar

4.2.3 Određivanje otpornosti brida valovitog kartona na tlačnu silu (ECT)

Tom se metodom ispituje maksimalna tlačna sila koju može izdržati brid valovitog kartona, a da ne dođe do deformacije ispitivane epruvete. Metoda se primjenjuje za ispitivanje ploča valovitog kartona.

Postupak

Iz uzorka valovitog kartona izreže se pravokutna epruveta dimenzija $25 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ u smjeru valova i dužine $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ u smjeru okomitom na valove pomoću ECT rezača koji je sastavni dio uređaja za ECT testiranje. Širina po dužini epruvete mora biti unutar $0,1 \text{ mm}$. Epruveta se ispituje na Chrash testeru s valovima okomitim na ploču uređaja. Epruveta se stavlja na sredinu donje ploče uređaja između

dvaju metalnih potpornih blokova. Namjesti se brzina spuštanja ploče na od $12,5 \pm 2,5$ mm/min i područje ispitivanja te se počinje s mjerenjem. U trenutku deformacije epruvete na displeju se očitava maksimalna sila kompresije u J/m^2 .

Rezultat

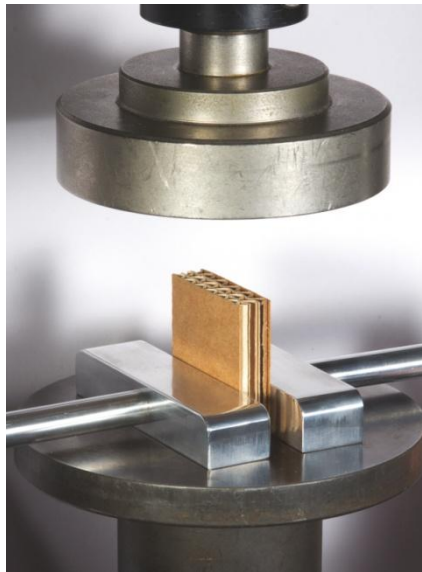
Rezultat se iskazuje maksimalnom tlačnom silom po jedinici dužine brida valovitog kartona u kN/m. Dobivena vrijednost iskazuje se u kN/m.

Uređaj

Korišten je Crush Test uređaj proizvođača Lorentzen & Wettre. To je elektronički uređaj za ispitivanje deformacije valovitog kartona i njegovih komponenti. Na Crush Test uređaju vršimo mjerenje FCT (otpornost ravne površine valovitog kartona na tlačnu silu) i ECT (otpornost brida valovitog kartona na tlačnu silu).



Slika 20. Višenamjenski uređaj za određivanje otpornosti valovitog kartona na tlačnu silu



Slika 21. Epruveta valovitog kartona podvrgnuta ECT ispitivanju

4.2.4 Određivanje otpornosti ravne površine valovitog kartona na tlačnu silu (FCT)

Određuje se stupanj gnječenja i krutosti valova u valovitom kartonu pod utjecajem tlačne sile. Provodi se zbog poboljšanja kvalitete papira za izradu valova ili za kontrolu kvalitete valovitog kartona.

Postupak

Ispitivanje se vrši na Crush Test uređaju. Postavi se brzina spuštanja gornje ploče na $12,5 \pm 2,5$ mm/min, mjerno područje, osjetljivost i prag. Za ispitivanje se iz uzorka valovitog kartona izrežu epruvete dimenzija 100×100 mm. Epruveta se stavlja između dviju ploča te se pritisne gumb koji aktivira spuštanje gornje ploče. Gornja se ploča spušta do trenutka prešanja valova. Ploča se u tom trenutku zaustavlja te vraća u početni položaj, a na digitalnom zaslonu se prikaže maksimalna tlačna sila u kPa. Ispitivanje se ponavlja za veći broj epruveta kako bi dobili vjerodostojnije rezultate. Rezultati se ispisuju i na malom pisaču koji je sastavni dio Crush Test uređaja. Što je pritisak gnječenja veći to je kvaliteta valovitog papira odnosno valovitog kartona bolja jer se može oduprijeti većem opterećenju.

Uređaj

Korišten je Crush Test uređaj proizvođača Lorentzen & Wettre kao i za ECT



Slika 22. Epruveta prije početka ispitivanja



Slika 23. Epruveta pod najvećim stlačivanjem

4.2.5 Određivanje sadržaja vlage (metoda sušenja)

Ispitivanjem valovitog kartona određuje se sadržaj vlage uzoraka valovitog kartona u trenutku ispitivanja. Utvrđuje se razlika u težini epruveta prije i nakon sušenja. Metoda se primjenjuje u međufaznoj kontroli ploča valovitog kartona, te u dodatnim ispitivanjima prema potrebi.

Postupak

Ispitivani uzorak valovitog kartona usitni se trganjem te se stavi na zdjelicu vage i poklopi poklopcem IR sušača. Uključi se funkcija sušenja na 105°C s automatskim vaganjem i ispisom vlage u %. Mjerenje je završeno pri konstantnoj razlici odvaga tj. kada se na displeju pokaže stalna vrijednost vlage.

Rezultat

Rezultat je očitana vrijednost vlage u %. Točnost očitavanja je 0,01%. Prema potrebi se izračunava suhoća (razlika do 100).



Slika 24. Sušna komora za ispitivanje sadržaja vlage valovitog kartona

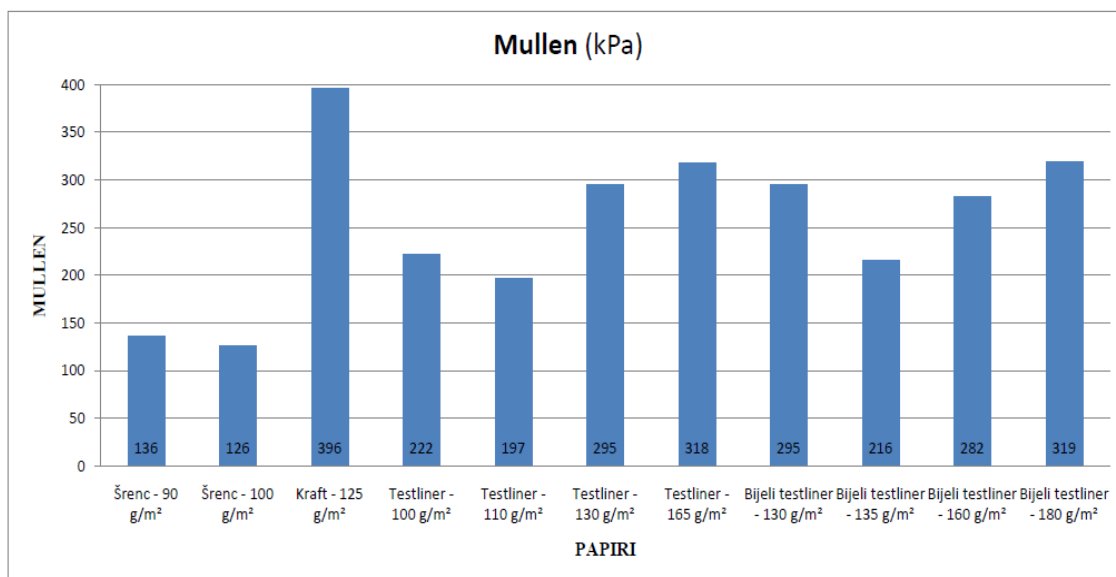
5. Rezultati ispitivanja

Rezultati koje će ovdje biti predloženi pojedina ispitivanja papira i valovitog kartona samo su srednje vrijednosti rezultata dobivenih ispitivanjem. Cjelokupni rezultati ispitivanja nalaze se u prilogu diplomskog rada.

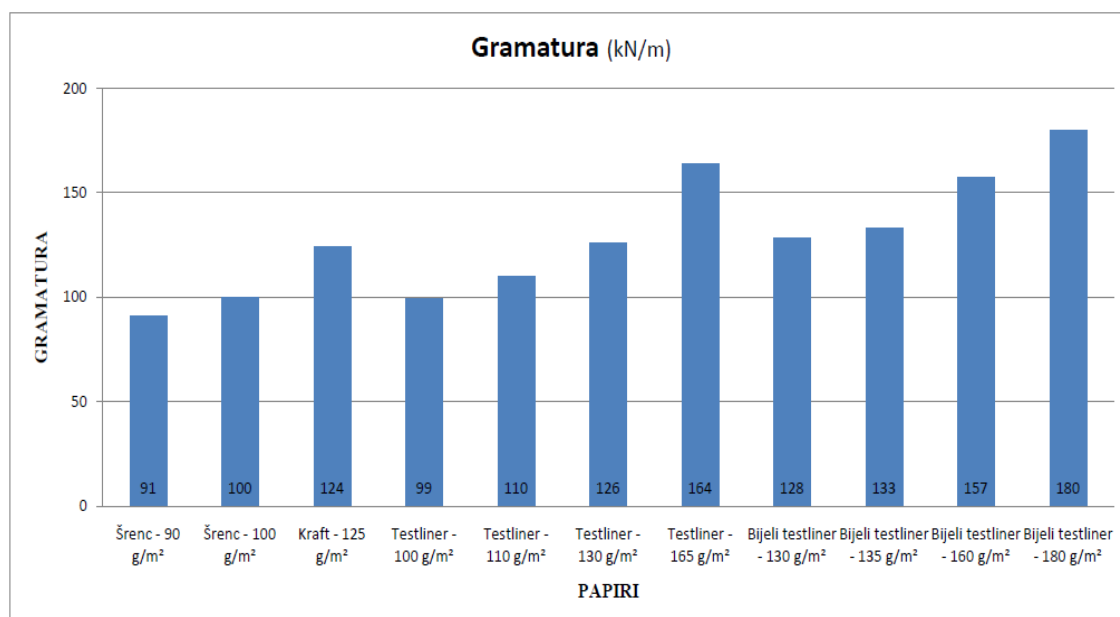
5.1 Rezultati ispitivanja papira

Tablica 1. Prikaz srednjih vrijednosti gramature, statičko ispitivanje probojnosti (Mullen) za ravni sloj valovitog kartona.

VRSTA PAPIRA	ŠRENC 90 g/m²	ŠRENC 100 g/m²	KRAFT 125 g/m²	TESTLINER 100 g/m²	TESTLINER 110 g/m²	TESTLINER 130 g/m²
Gramatura (g/m²)	91	100	124	99	110	126
Mullen (kPa)	136	126	396	222	197	295
VRSTA PAPIRA	TESTLINER 165 g/m²	BIJELI TESTLINER 130 g/m²		BIJELI TESTLINER 135 g/m²	BIJELI TESTLINER 160 g/m²	BIJELI TESTLINER 180 g/m²
Gramatura (g/m²)	164	128		133	157	180
Mullen (kPa)	318	295		216	282	319



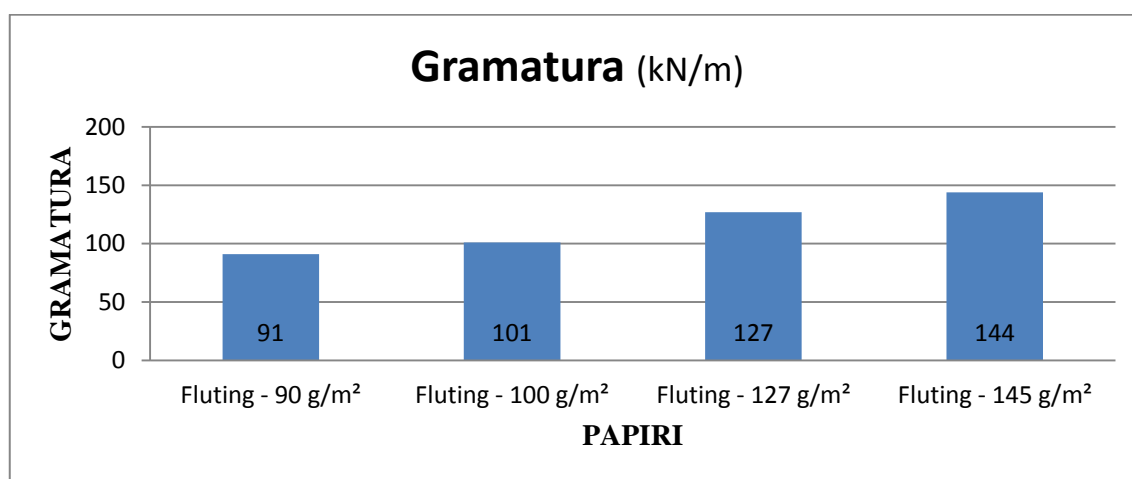
Histogram 1. Usporedba otpornosti prema prskanju papira (Mullen) za ravni sloj papira



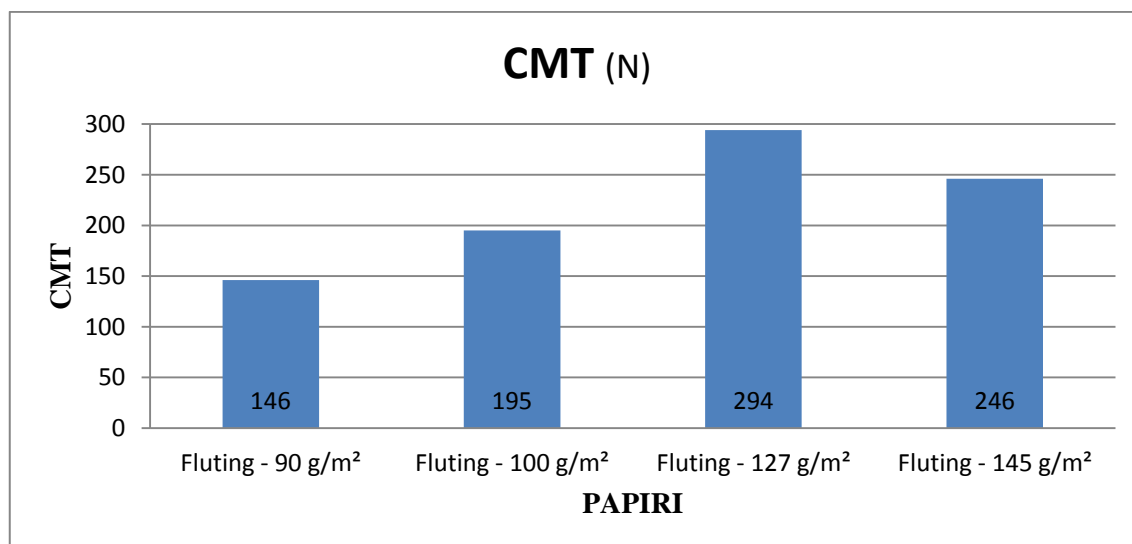
Histogram 2. Usporedba gramature za ravni sloj papira

Tablica 2. Prikaz srednjih vrijednosti papira za izradu vala: gramature i CMT testa

VRSTA PAPIRA	FLUTING 90 g/m ²	FLUTING 100 g/m ²	FLUTING 127 g/m ²	FLUTING 145 g/m ²
Gramatura (g/m²)	91	101	127	144
CMT (N)	146	195	294	246



Histogram 3. Usporedba gramature papira za val



Histogram 4. Usporedba CMT test papira za val

5.2 Rezultati ispitivanja valovitog kartona

Tablica 3. Pregled ugradnje papira po pojedinim kvalitetama sgramaturama

Oznaka valovitog kartona	SLOJ	PAPIR	GRAMATURA
2T₁(E-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 90	90
	naličje	Testliner 100	100
2T₂(E-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 90	90
	naličje	Testliner 110	110
2T₃(E-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
EBB₁(E-val)	lice	Bijeli testliner 180	180
	val	Fluting 90	90
	naličje	Bijeli testliner 130	130
EBB₂(E-val)	lice	Bijeli testliner 180	180
	val	Fluting 100	100
	naličje	Bijeli testliner 135	135
2T₁(C-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 145	145
	naličje	Testliner 110	110
2T₂(C-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
TŠ₁(C-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Šrenc 90	90
TŠ₁(C-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Šrenc 100	100
BT₁(C-val)	lice	Bijeli testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
BT₁(B-val)	lice	Bijeli testliner 130	130
	val	Fluting 127	127
	naličje	Testliner 100	100
BT₂(B-val)	lice	Bijeli testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 100	100
EBB₁(B-val)	lice	Bijeli testliner 180	180
	val	Fluting 100	100
	naličje	Bijeli testliner 130	130
EBB₂(B-val)	lice	Bijeli testliner 180	180
	val	Fluting 127	127

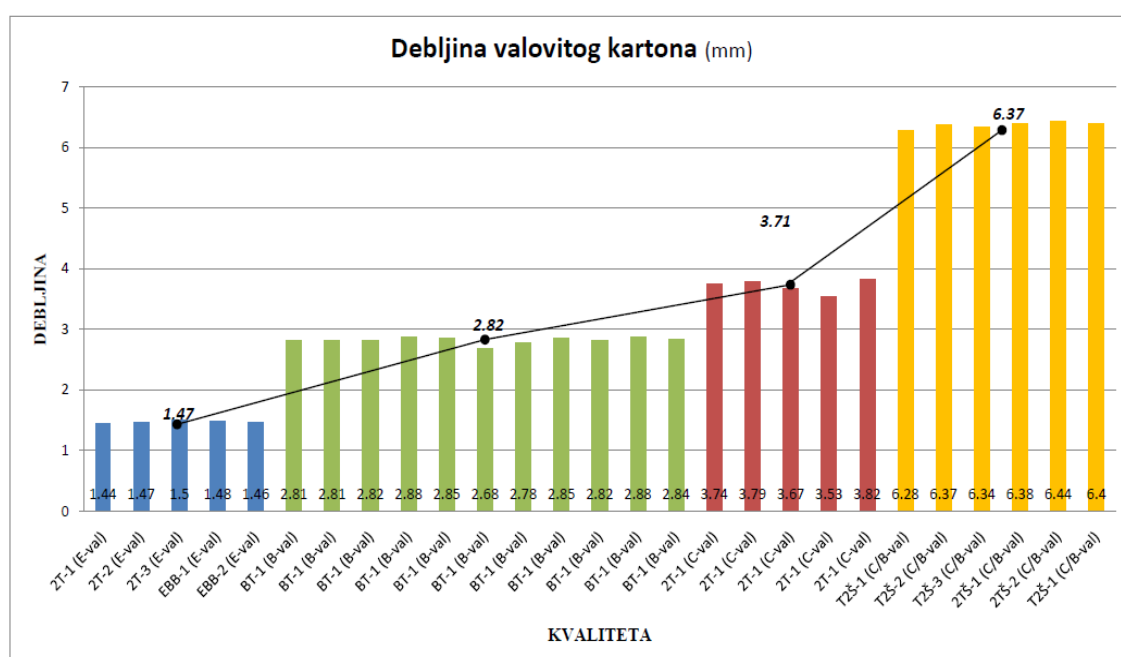
	naličje	Bijeli testliner 130	130
EBB₃(B-val)	lice	Bijeli testliner 160	160
	val	Fluting 127	127
	naličje	Bijeli testliner 130	130
2T₁(B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 100	100
2T₂(B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 127	127
	naličje	Testliner 100	100
2T₃(B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
KT₁(B-val)	lice	Kraft 125	125
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 100	100
KT₂(B-val)	lice	Kraft 125	125
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
KT₃(B-val)	lice	Kraft 125	125
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 110	110
T2Š₁(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	srednji sloj	Šrenc 90	90
	val	Fluting 100	100
	naličje	Šrenc 100	100
T2Š₂(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 145	145
	srednji sloj	Šrenc 100	100
	val	Fluting 145	145
	naličje	Šrenc 100	100
T2Š₃(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	srednji sloj	Šrenc 90	90
	val	Fluting 90	90
	naličje	Šrenc 90	90
2TŠ₁(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 145	145
	srednji sloj	Šrenc 100	100
	val	Fluting 100	100
	naličje	Testliner 130	130
2TŠ₂(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 127	127
	srednji sloj	Šrenc 90	90
	val	Fluting 100	100
	naličje	Šrenc 110	110

2TŠ₃(C/B-val)	lice	Testliner 130	130
	val	Fluting 100	100
	srednji sloj	Šrenc 100	100
	val	Fluting 100	100
	naličje	Šrenc 100	100

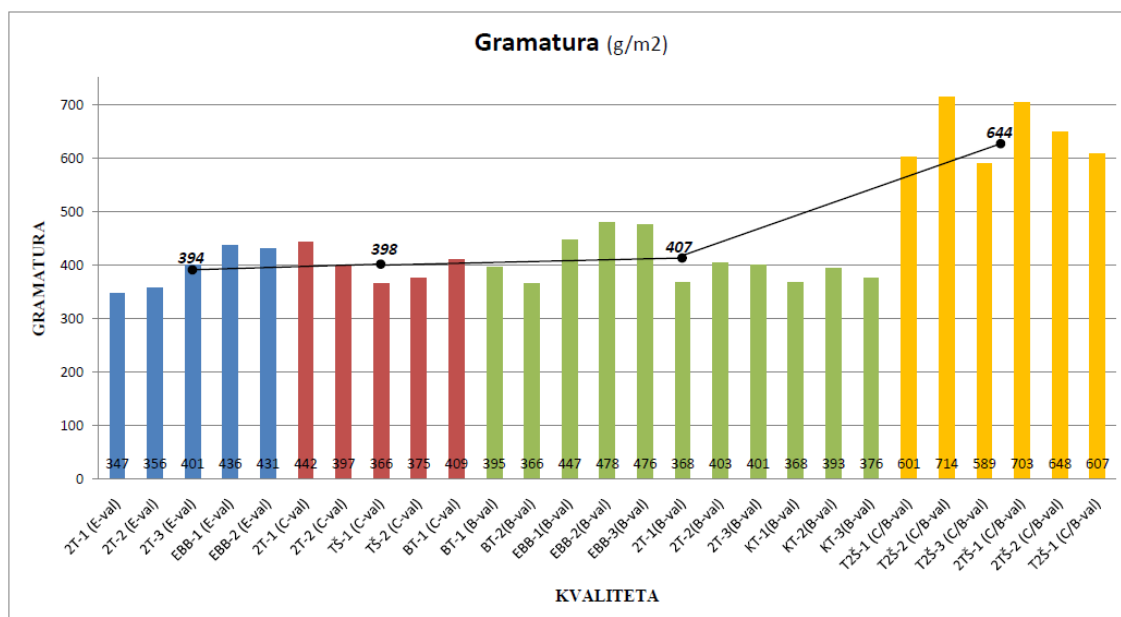
Tablica 4. Usporedba vrijednosti ispitivanih svojstava valovitog kartona

Oznaka valovitog kartona	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura (g/m ²)	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (N)
2T ₁ (E-val)	1.44	347	6.2	427	2.4	Ne vrše se ispitivanja	Ne vrše se ispitivanja
2T ₂ (E-val)	1.47	356	6.1	502	2.4	Ne vrše se ispitivanja	Ne vrše se ispitivanja
2T ₃ (E-val)	1.50	401	6.1	432	2.7	Ne vrše se ispitivanja	Ne vrše se ispitivanja
EBB ₁ (E-val)	1.48	436	6.0	459	2.6	Ne vrše se ispitivanja	Ne vrše se ispitivanja
EBB ₂ (E-val)	1.46	431	6.1	437	2.5	Ne vrše se ispitivanja	Ne vrše se ispitivanja
2T ₁ (C-val)	3.74	442	6.2	517	3.2	3.52	Ne vrše se ispitivanja
2T ₂ (C-val)	3.79	397	6.2	440	3.0	3.24	188.8
TŠ ₁ (C-val)	3.67	366	6.2	409	2.7	2.64	186.2
TŠ ₂ (C-val)	3.53	375	6.1	361	2.5	2.41	187.6
BT ₁ (C-val)	3.82	409	6.1	560	3.1	3.10	Ne vrše se ispitivanja
BT ₁ (B-val)	2.81	395	6.3	443	2.8	4.04	327.6
BT ₂ (B-val)	2.81	366	6.2	531	2.8	4.25	223.8
EBB ₁ (B-val)	2.82	447	6.3	560	3.0	3.94	238.9
EBB ₂ (B-val)	2.88	478	6.2	554	3.4	4.29	282.9
EBB ₃ (B-val)	2.85	476	6.3	605	3.6	4.65	Ne vrše se ispitivanja
2T ₁ (B-val)	2.68	368	6.1	450	2.7	3.98	227.8
2T ₂ (B-val)	2.78	403	6.1	501	3.1	4.29	244.5
2T ₃ (B-val)	2.85	401	6.3	474	3.0	4.10	226.1
KT ₁ (B-val)	2.82	368	6.1	658	3.0	3.94	233.5
KT ₂ (B-val)	2.88	393	6.1	662	3.1	3.51	Ne vrše se ispitivanja
KT ₃ (B-val)	2.84	376	6.8	652	2.9	3.64	199.0

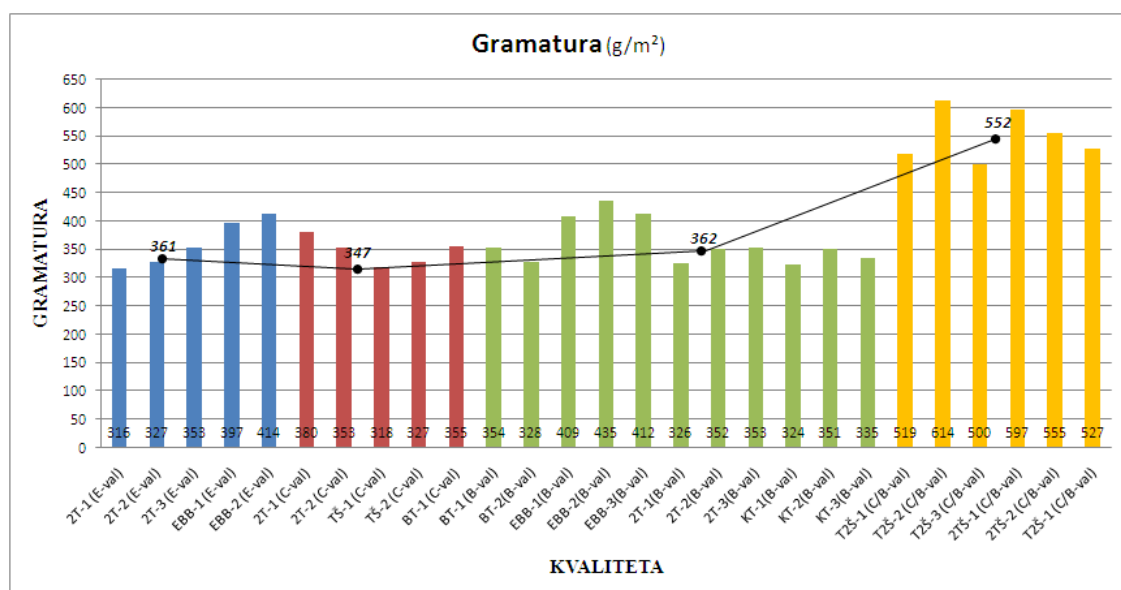
T2Š1(C/B-val)	6.28	601	6.4	613	6.1	5.70	Ne vrše se ispitivanja
T2Š2(C/B-val)	6.37	714	6.5	667	6.9	7.22	Ne vrše se ispitivanja
T2Š3(C/B-val)	6.34	589	6.6	638	6.0	6.22	Ne vrše se ispitivanja
2TŠ1(C/B-val)	6.38	703	6.0	750	6.5	7.47	Ne vrše se ispitivanja
2TŠ2(C/B-val)	6.44	648	6.3	680	6.2	5.49	Ne vrše se ispitivanja
2TŠ3(C/B-val)	6.40	607	6.1	664	6.1	7.31	Ne vrše se ispitivanja



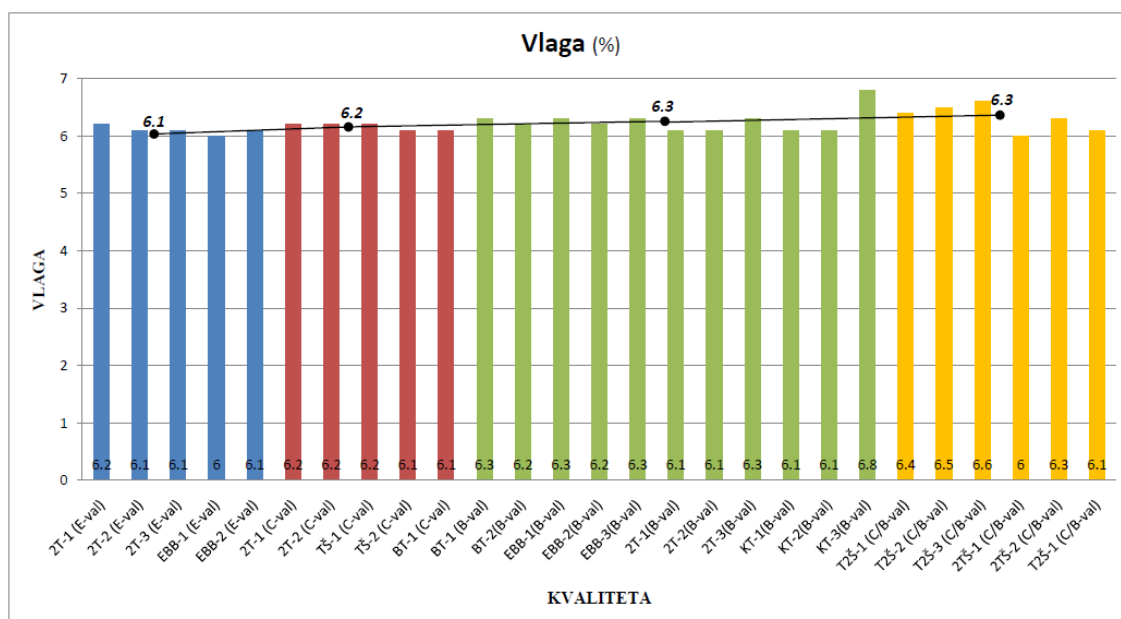
Histogram 5. Usporedba debljine valovitog kartona prema kvalitetama



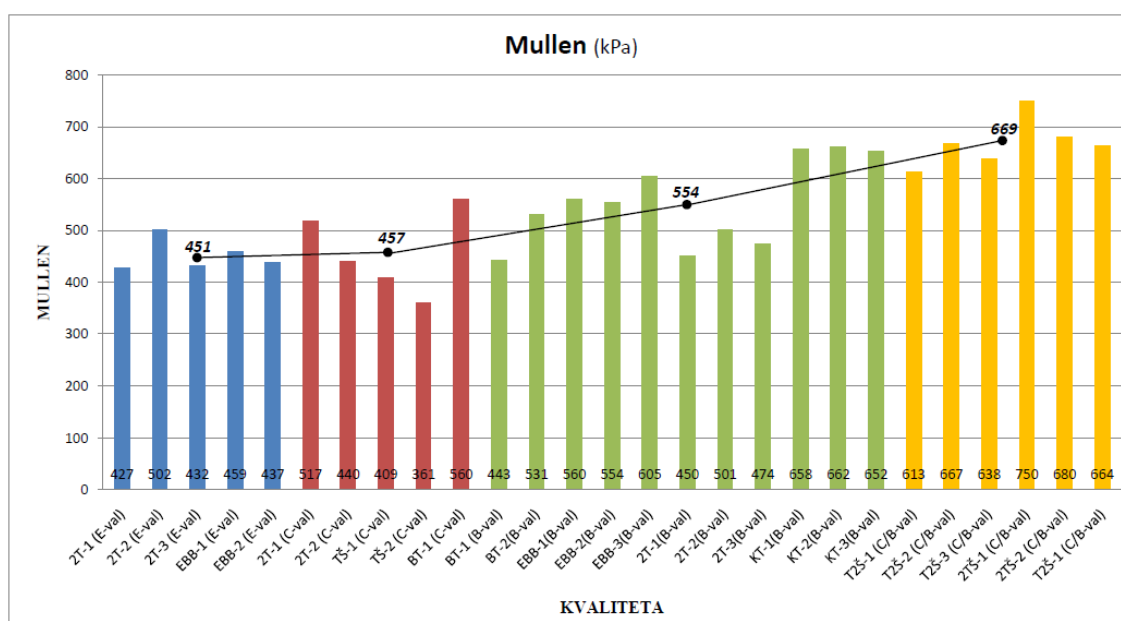
Histogram 6. Usporedba gramature valovitog kartona prema kvalitetama



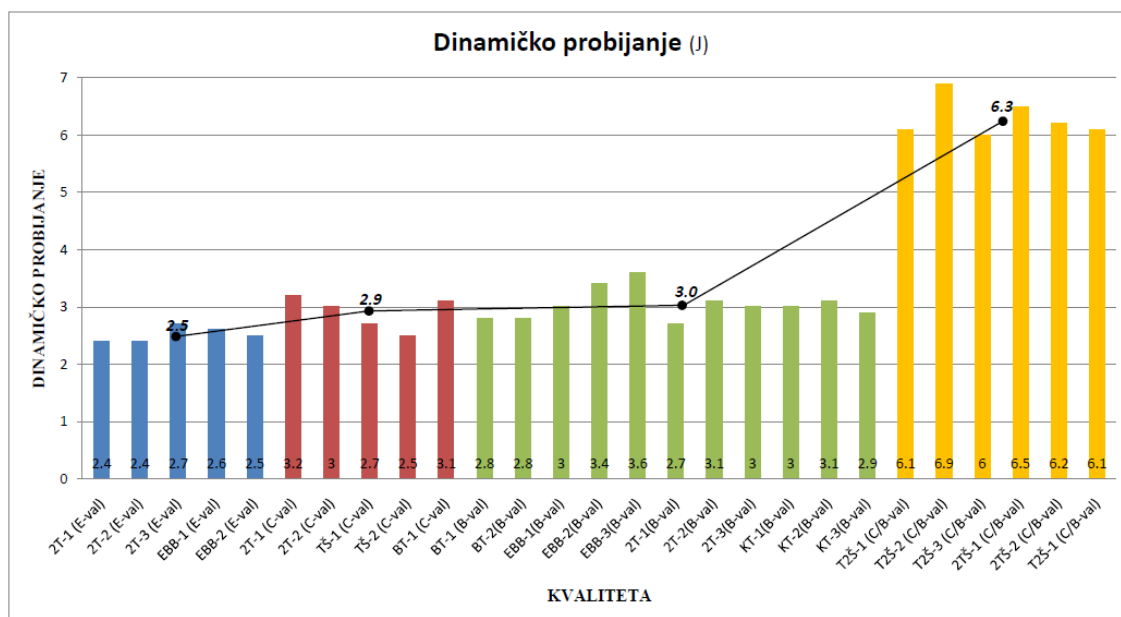
Histogram 7. Usporedba gramature valovitog kartona prema sastavnicama od kojih je napravljen valoviti karton.



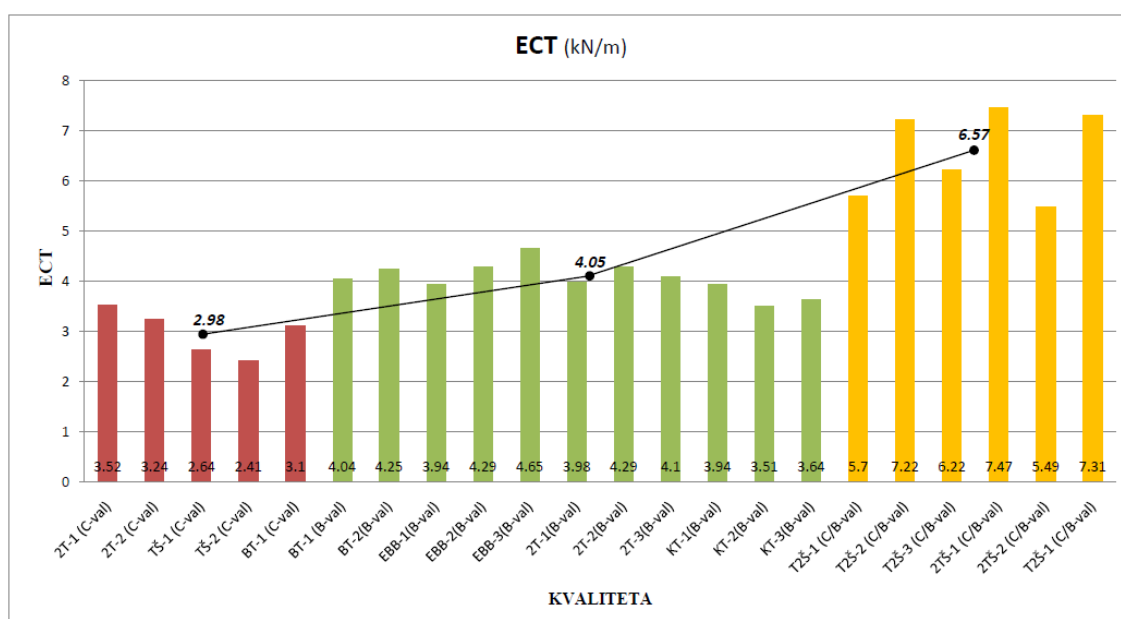
Histogram 8. Usporedba vlage valovitog kartona prema kvalitetama



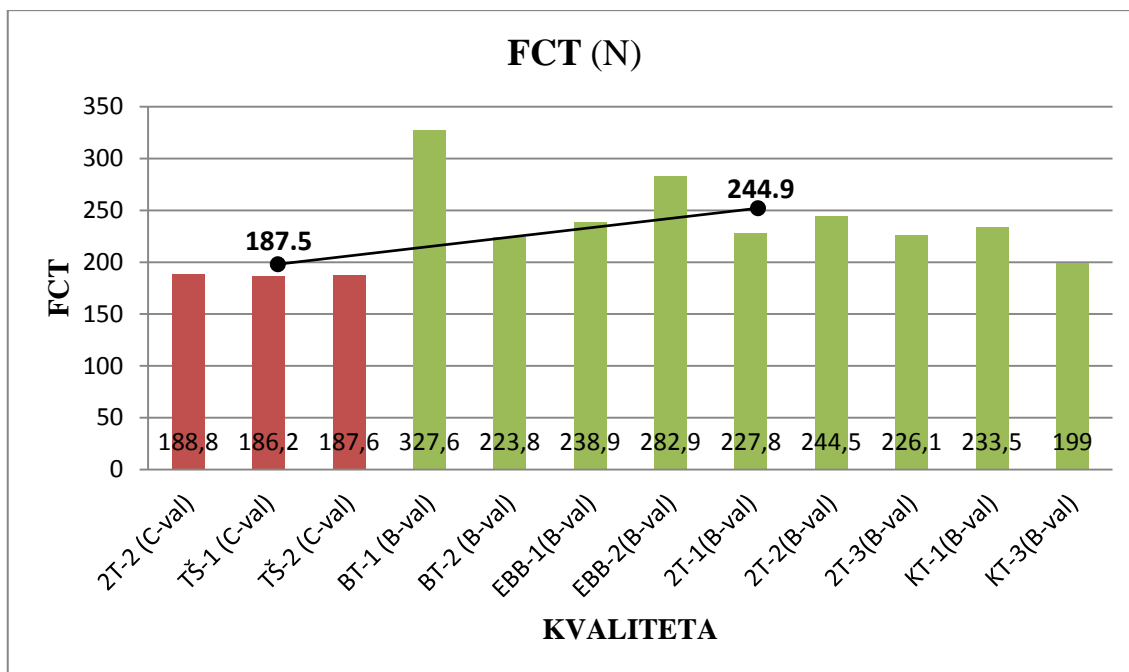
Histogram 9. Usporedba otpornosti prskanja po Mullenu valovitog kartona prema kvalitetama



Histogram 10. Usporedba otpornosti dinamičkog probiranja valovitog kartona prema kvalitetama



Histogram 11. Usporedba otpornosti brida na pritisak (ECT) valovitog kartona prema kvalitetama



Histogram 12. Usporedba otpornosti vala na pritisak (FCT) valovitog kartona prema kvalitetama

6. Analiza rezultata

6.1 Analiza rezultata ispitivanja papira

Papiri koji su korišteni pri izradi valovitog kartona razlikuju se po svojim ispitivanim svojstvima. Obavio sam ispitivanja papira za izradu ravnog sloja valovitog kartona i ispitivanja papira za izradu valovitog sloja.

6.1.1 Papiri za izradu ravnog sloja

Kod papira za izradu ravnog sloja valovitog kartona ispitivao sam površinsku masu tj. gramaturu, te otpornost na prskanje prema Mullenu.

Prema tablici (*Histogram 2*) poredao sam površinsku masu od najvećeg do najmanjeg papira kojeg sam koristio pri izradi ravnog sloja valovitog kartona:

1. Bijeli testliner 180 g/m² - najveća površinska masa = 180 g/m²
2. Testliner 165 g/m² - površinska masa = 164 g/m²
3. Bijeli testliner 160 g/m² - površinska masa = 157 g/m²
4. Bijeli testliner 135 g/m² - površinska masa = 133 g/m²
5. Bijeli testliner 130 g/m² - površinska masa = 128 g/m²
6. Testliner 130 g/m² - površinska masa = 126 g/m²
7. Kraft 125 g/m² - površinska masa = 124 g/m²
8. Testliner 110 g/m² - površinska masa = 110 g/m²
9. Šrenc 100 g/m² - površinska masa = 100 g/m²
10. Testliner 100 g/m² - površinska masa = 99 g/m²
11. Šrenc 90 g/m² - najmanja površinska masa = 91 g/m²

Veća površinska masa je povezana sa boljim mehaničkim svojstvima papira odnosno valovitog kartona.

Drugo bitno svojstvo je otpornost na prskanje prema Mullenu. Prema tablici (*Histogram 1*) poredat ću otpornost na prskanje po Mullenu od najvećeg do najmanjeg papira kojeg sam koristio pri izradi ravnog sloja valovitog kartona:

1. Kraft 125 g/m² - najveći Mullen = 396 kPa
2. Bijeli testliner 180 g/m² - Mullen = 319 kPa
3. Testliner 165 g/m² - Mullen = 318 kPa
4. Bijeli testliner 130 g/m² - Mullen = 295 kPa
5. Testliner 130 g/m² - Mullen = 295 kPa
6. Bijeli testliner 160 g/m² - Mullen = 282 kPa
7. Testliner 100 g/m² - Mullen = 222 kPa
8. Bijeli testliner 135 g/m² - Mullen = 216 kPa
9. Testliner 110 g/m² - Mullen = 197 kPa
10. Šrenc 90 g/m² - Mullen = 136 kPa
11. Šrenc 100 g/m² - Mullen = 126 kPa

6.1.2 Papiri za izradu valovitog sloja

Kod papira za izradu valovitog sloja ispitivao sam površinsku masu tj. gramaturu, te otpornost papira za val prema pritisku (CMT).

Prema histogramu (*Histogram 3*) poredat ću površinsku masu od najvećeg do najmanjeg papira kojeg sam koristio pri izradi ravnog sloja valovitog kartona:

1. Fluting 145 g/m² - najveća površinska masa = 144 g/m²
2. Fluting 127 g/m² - površinska masa = 127 g/m²
3. Fluting 100 g/m² - površinska masa = 101 g/m²
4. Fluting 90 g/m² - najmanja površinska masa = 91 g/m²

Prema histogramu (*Histogram 4*) poredat ću otpornost papira za val prema pritisku (CMT) od najvećeg do najmanjeg:

1. Fluting 127 g/m² - najveći CMT = 294 (N)

2. Fluting 145 g/m² - CMT = 246 (N)
3. Fluting 100 g/m² - CMT = 195 (N)
4. Fluting 90 g/m² - najmanji CMT = 146 (N)

Prema mjerenjima vidljivo je da bolje rezultate ima Fluting 127 g/m² od Flutinga 145 g/m², to je zbog toga što Fluting 127 g/m² ima drugačiji sastav od sastava Flutinga 145 g/m². Otpornost na tlačenje vala je ujedno i najbitnije svojstvo papira za izradu valovitog sloja. Ono ovisi o sastavu flutinga, o površinskoj masi i o krutosti valova.

6.2 Analiza rezultata ispitivanja valovitog kartona

6.2.1 Analiza rezultata debljine valovitog kartona

Analizom histograma (*Histogram 5*) vidljivo je da **E-val** ima najmanju debljinu valovitog kartona koja se kreće od 1.44 mm do 1.50 mm, izrazimo li to u postotku, debljina valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 4% , a standardne vrijednosti se kreću od 1.0 mm do 1.8 mm.

B-val ima debljinu valovitog kartona od 2.68 mm do 2.88 mm, izrazimo li to u postotku, debljina valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 6.5 %, a standardne vrijednosti se kreću od 2.1 mm do 3.0 mm.

C-val ima debljinu valovitog kartona od 3.53 mm do 3.82 mm, izrazimo li to u postotku, debljina valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 7.6 %, a standardne vrijednosti se kreću od 3.2 mm do 3.9 mm. Najveću debljinu valovitog kartona ima

C/B-val se kreće od 6.28 mm do 6.44 mm, izrazimo li to u postotku, debljina valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 2.4 %.

Na kraju mogu zaključiti da se za sve valove debljina valovitog kartona kreće u standardnim vrijednostima.

6.2.2 Analiza rezultata gramature valovitog kartona

Analizom histograma (*Histogram 6*) vidljivo je da **E-val** ima srednju vrijednost gramature 394 g/m^2 ujedno i najmanju gramaturu valovitog kartona koja se kreće od 347 g/m^2 do 436 g/m^2 , izrazimo li to u postotku, gramatura valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 20.4 %. Samim istraživanjima pokazalo se da kod E-vala najveću gramaturu imaju valoviti kartoni kvalitete EBB₁ i EBB₂, a najmanju valoviti karton kvalitete 2T₁, zbog toga što su sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete EBB₁ i EBB₂ ima veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₁.

C-val ima srednju vrijednost gramature 398 g/m^2 , gramature valovitog kartona koje se kreću od 366 g/m^2 do 442 g/m^2 , izrazimo li to u postotku, gramatura valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 17.2 %. Kod C-vala najveću gramaturu ima valoviti kartona kvalitete 2T₁, a najmanju valoviti kartona kvalitete TŠ₁, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₁ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete TŠ₁.

B-val ima srednju vrijednost gramature 407 g/m^2 . Gramatura valovitog kartona kreće se od 366 g/m^2 do 476 g/m^2 , izrazimo li to u postotku, gramatura valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 23.1 %. Kod B-vala najveću gramaturu ima valoviti kartona kvalitete EBB₁, EBB₂ i EBB₃, a najmanju valoviti karton kvalitete BT₁, 2T₁ i KT₁, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete EBB₁, EBB₂ i EBB₃ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete BT₁, 2T₁ i KT₁.

C/B-val ima srednju vrijednost gramature 644 g/m^2 te najveću gramaturu valovitog kartona koje se kreću od 589 g/m^2 do 714 g/m^2 , izrazimo li to u postotku, gramatura valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 17.5 %. Kod C/B-vala najveću gramaturu ima valoviti kartona kvalitete T2Š₂, a najmanju valoviti karton kvalitete T2Š₃, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete T2Š₂ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete T2Š₃.

Analizom histograma (*Histogram 7*) vidljivo je da u ovom slučaju najmanju gramaturu valovitog kartona ima C-val sa srednjom vrijednosti 347 g/m², drugi po redu E-val sa srednjom vrijednosti 361 g/m², treći po redu B-val sa srednjom vrijednosti 362 g/m², a najveću gramaturu valovitog kartona ima C/B-val sa srednjom vrijednosti 552 g/m².

Zaključak ovih dvaju histograma je taj da koristeći što veću gramaturu papira dobivamo veću gramaturu valovitog kartona.

6.2.3 Analiza rezultata vlage valovitog kartona

Prema analizi histograma (*Histogram 8*) uočljivo je da se vlaga za sve vrste valova kreće od 6 % do 6.8 %, što je u granicama standardnih vrijednosti koje se kreću od 6% do 8%.

6.2.4 Analiza rezultata valovitog kartona prema prskanju po Mullen

Analizom histograma (*Histogram 9*) vidljivo je da **E-val** ima srednju vrijednost Mullena 451 kPa, ujedno i najmanji Mullen kartona koja se kreće od 432 g/m² do 502 g/m², izrazimo li to u postotku, Mullen valovitog kartona, prema procjeni, kreće SE u razmaku od 13.9 %.

C-val ima srednju vrijednost Mullena 457 kPa. Mullen kartona kreće se od 361 g/m² do 560 g/m², izrazimo li to u postotku, Mullen valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 35.5 %.

B-val ima srednju vrijednost Mullena 554 kPa. Mullen kartona kreće se od 450 g/m² do 662 g/m², izrazimo li to u postotku, Mullen valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 32.1 %.

C/B-val ima srednju vrijednost Mullena 669 kPa. Mullen kartona kreće se od 613 g/m² do 750 g/m², izrazimo li to u postotku, Mullen valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 18.3 %.

Na kraju mogu zaključiti da je Mullen veći kod onih kvaliteta koje imaju ugrađen papir veće gramature ili imaju ugrađene papir sa većim Mullenom.

6.2.5 Analiza rezultata dinamičkog probijanja valovitog kartona

Analizom histograma (*Histogram 11*) **E-val** ima najmanju srednju vrijednost dinamičkog probijanja 2.5 J. Dinamičko probijanje se kreće od 2.4 J do 2.7 J, izrazimo li to u postotku, dinamičko probijanje valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 11.1 %. Kod E-vala najveće dinamičko probijanje ima valoviti kartona kvalitete 2T₃, a najmanje valoviti karton kvalitete 2T₁, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₃ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₁.

C-val ima srednju vrijednost dinamičkog probijanja 2.9 J. Dinamičko probijanje se kreće od 2.5 J do 3.1 J, izrazimo li to u postotku, dinamičko probijanje valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 19.3 %. Kod C-vala najveće dinamičko probijanje ima valoviti kartona kvalitete 2T₁, a najmanje valoviti karton kvalitete TŠ₁, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₁ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete TŠ₁.

B-val ima srednju vrijednost dinamičkog probijanja 3.0 J. Dinamičko probijanje se kreće od 2.8 J do 3.6 J, izrazimo li to u postotku, dinamičko probijanje valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 22.2 %. Kod B-vala najveće dinamičko probijanje ima valoviti kartona kvalitete EBB₁, a najmanje valoviti karton kvalitete 2T₁, zbog toga što sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete EBB₁ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete 2T₁.

C/B-val ima najveću srednju vrijednost dinamičkog probijanja 6.3 J, dinamičko probijanje se kreće od 6.0 J do 6.9 J, izrazimo li to u postotku, dinamičko probijanje valovitog kartona, prema procjeni, se kreće u razmaku od 13 %. Kod C/B-vala najveće dinamičko probijanje ima valoviti kartona kvalitete T2Š₂, a najmanje valoviti karton kvalitete T2Š₃, zbog toga što su sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton

kvalitete T2Š₂ imaju veću gramaturu nego sastavnice od kojih je napravljen valoviti karton kvalitete T2Š₃.

6.2.6 Analiza rezultata ECT vrijednosti valovitog kartona

Analizom histograma (*Histogram 12*) **C-val** ima najmanju srednju vrijednost ECT koja iznosi 2.98 kN/m, a ECT vrijednosti za C-val se kreću od 2.41 kN/m do 3.52 kN/m, izrazimo li to u postotku, ECT valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 31.5 %. Najveću ECT vrijednost ima valoviti karton kvalitete 2T₁, a najmanju vrijednost ima valoviti kartoni kvalitete TŠ₁ i TŠ₂, zbog toga što valoviti karton kvalitete 2T₁ ima ugrađene sastavnice veće gramature nego valoviti kartoni kvalitete TŠ₁ i TŠ₂.

B-val ima srednju vrijednost ECT koja iznosi 4.05 kN/m, a ECT vrijednosti za B-val se kreću od 3.51 kN/m do 4.65 kN/m, izrazimo li to u postotku, ECT valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 24.5 %. Najveću ECT vrijednost ima valoviti karton kvalitete EBB₃, a najmanju vrijednost ima valoviti kartoni kvalitete BT₁ i BT₂, zbog toga što valoviti karton kvalitete EBB₃ ima ugrađene sastavnice veće gramature nego valoviti kartoni kvalitete BT₁ i BT₂.

C/B-val ima najveću srednju vrijednost ECT koja iznosi 6.57 kN/m, a ECT vrijednosti za C/B-val se kreću od 5.49 kN/m do 7.47 kN/m, izrazimo li to u postotku, ECT valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 26.5 %. Najveću ECT vrijednost ima valoviti karton kvalitete 2TŠ₁, a najmanju vrijednost ima valoviti kartoni kvalitete 2TŠ₂, zbog toga što valoviti karton kvalitete 2TŠ₁ ima ugrađene sastavnice veće gramature nego valoviti kartoni kvalitete 2TŠ₂.

6.2.7 Analiza rezultata FCT vrijednosti valovitog kartona

Analizom histograma (*Histogram 13*) **C-val** ima najmanju srednju vrijednost FCT koja iznosi 187.5 N, a FCT vrijednosti za C-val se kreću od 186.2 N do 188.8 N, izrazimo li to u postotku, FCT valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od

1.4 %. Najveću FCT vrijednost ima valoviti karton kvalitete 2T₁, a najmanju vrijednost ima valoviti kartoni kvalitete TŠ₁, zbog toga što valoviti karton kvalitete 2T₁ ima ugrađene sastavnice veće gramature nego valoviti kartoni kvalitete TŠ₁.

B-val ima najveću srednju vrijednost FCT koja iznosi 244.9 N, a FCT vrijednosti za B-val se kreću od 199.0 N do 327.6 N, izrazimo li to u postotku, FCT valovitog kartona, prema procjeni, kreće se u razmaku od 39.3 %. Najveću FCT vrijednost ima valoviti karton kvalitete BT₁, a najmanju vrijednost ima valoviti kartoni kvalitete KT₁, zbog toga što valoviti karton kvalitete BT₁ ima ugrađene sastavnice veće gramature nego valoviti kartoni kvalitete KT₁.

7. Zaključak

Na temelju rezultata dobivenih ispitivanjem sirovina za izradu valovitog kartona mogu zaključiti da svojstva sirovina za izradu valovitog kartona, time i svojstva samog valovitog kartona uvelike utječu na čvrstoću valovitog kartona. Bolja mehanička svojstva slojeva papira i samog valovitog kartona utječu na to da će i valoviti karton od tih slojeva papira biti čvršći. To sam uspio dokazati svim ispitivanjima koje sam proveo u ovom diplomskom radu.

Ispitivanja su pokazala da čvrstoća valovitog kartona ovisi o veličini vala, ali i vrsti papira koji su ugrađeni u karton te kombinaciji valova koji ulaze u karton ako se radi o peteroslojnim kartonima. Iz histograma 9. vidimo da promjenom nekih kvaliteta papira unutar istog vala dobivamo skoro iste ili čak i manje Mullen vrijednosti. Znači da s jeftinijom ugradnjom papira dobivamo istu čvrstoću valovitog kartona. Isto tako možemo mijenjati i veličinu vala, a zadržati istu ugradnju ravnih slojeva papira i dobit će se ista čvrstoća valovitog kartona što pojeftinjuje cijenu valovitog kartona.

Ovaj diplomski rad je uvod i poticaj za daljnja istraživanja valovitog kartona odnosno poticaj da se izradi program koji će sam odabrati vrstu papira i vrstu vala, a da se dobije tražena kvaliteta valovitog kartona.

8. Literatura

1. Inž. A. Rodin; „Ambalaža od valovitog kartona“, Progres, Zagreb 1964.
2. Babić Darko; „Uvod u grafičku tehnologiju“, Grafički centar za ispitivanje projektiranje d.o.o., Zagreb 1998.
3. Dr. Nenad Stričević; „Suvremena ambalaža, I dio – Općenito o ambalaži“, Školska knjiga, Zagreb 1982.
4. Dr. Nenad Stričević; „Suvremena ambalaža, II dio – Ambalažni materijal, III dio – Ambalažni oblici“, Školska knjiga, Zagreb 1983
5. F. Mesaroš; „Grafička enciklopedija“, Tehnička knjiga, Zagreb 1974.
6. <http://www.bboxes-for-shipping.com/> - 29.05.2012
7. <http://www.made-in-china.com> - 29.05.2012
8. <http://www.fefco.org> - 29.05.2012
9. <http://www.ambalaža.hr> - 29.05.2012
10. <http://www.cartonmachinechn.com> - 29.05.2012
11. <http://www.satara.co.uk> - 29.05.2012

9. Prilog

Tablica 5. Rezultati ispitivanja T2Š₁ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.30	599	6.3	616	6.0	5.50
2	6.29	600	6.8	607	6.0	5.57
3	6.28	602	6.0	559	6.1	5.64
4	6.32	602	6.9	520	6.0	5.55
5	6.30	599	6.0	593	6.2	6.03
6	6.27	601	6.2	640	6.0	5.58
7	6.32	600	6.8	773	6.1	5.60
8	6.24	603	6.1	610	6.0	5.69
9	6.25	602	6.3	589	6.2	5.81
10	6.28	599	6.9	621	6.0	5.92
x	6.28	601	6.4	613	6.1	5.70

Tablica 6. Rezultati ispitivanja T2Š₂ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.42	713	6.2	670	7.2	6.97
2	6.28	714	6.8	626	6.8	7.60
3	6.44	716	6.6	615	7.2	7.23
4	6.32	716	6.7	738	6.6	6.97
5	6.33	713	6.6	670	6.6	7.18
6	6.33	718	6.5	679	6.8	7.24
7	6.39	715	6.3	710	6.9	6.99
8	6.44	714	6.2	653	7.2	7.06
9	6.37	713	6.8	634	7.0	7.13
10	6.40	716	6.6	672	6.9	7.79
x	6.37	714	6.5	667	6.9	7.22

Tablica 7. Rezultati ispitivanja T2Š₃ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.32	588	6.2	623	6.0	6.28
2	6.28	587	6.9	630	6.0	6.61
3	6.38	592	6.6	552	6.0	6.67
4	6.41	589	6.6	567	6.0	6.13
5	6.31	588	6.7	630	6.0	5.62
6	6.29	590	6.6	683	6.1	6.22
7	6.34	590	6.7	681	6.1	6.12
8	6.33	587	6.4	677	6.0	5.96
9	6.41	591	6.5	658	5.9	6.05
10	6.32	589	6.6	680	6.0	6.52
x	6.34	589	6.6	638	6.0	6.22

Tablica 8. Rezultati ispitivanja 2TŠ₁ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.38	701	6.0	772	6.2	7.45
2	6.40	701	6.1	777	6.6	7.32
3	6.34	704	6.0	697	6.4	7.55
4	6.39	703	6.2	890	6.6	7.34
5	6.38	703	6.0	718	6.8	7.43
6	6.39	700	6.0	745	6.1	7.56
7	6.40	704	6.3	685	6.2	7.62
8	6.33	705	6.0	714	6.7	7.49
9	6.44	703	6.1	770	6.2	7.51
10	6.32	703	6.0	711	6.0	7.39
x	6.38	703	6.0	750	6.2	7.47

Tablica 9. Rezultati ispitivanja 2TŠ₂ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.43	648	6.3	722	6.2	5.65
2	6.47	646	6.3	664	6.2	5.45
3	6.44	648	6.0	780	6.4	5.34
4	6.40	649	6.1	603	6.6	5.57
5	6.42	650	6.5	684	6.1	5.33
6	6.45	649	6.3	707	6.0	5.41
7	6.44	648	6.2	663	6.2	5.26
8	6.43	648	6.5	700	6.2	5.72
9	6.45	646	6.1	603	6.2	5.74
10	6.43	647	6.3	671	6.2	5.53
x	6.44	648	6,3	680	6.2	5,49

Tablica 10. Rezultati ispitivanja 2TŠ₃ kvalitete (C/B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)
1	6.39	609	6.0	666	6.2	7.02
2	6.39	606	6.1	579	6.1	7.57
3	6.41	608	6.0	555	6.2	7.47
4	6.40	607	6.1	589	6.2	7.19
5	6.38	606	6.0	762	6.1	7.21
6	6.44	605	6.2	667	6.0	7.26
7	6.41	607	6.3	752	6.1	7.32
8	6.37	609	6.0	704	6.3	7.14
9	6.41	608	6.1	669	6.1	7.42
10	6.37	610	6.0	696	6.1	7.54
x	6.40	607	6.1	664	6.1	7.31

Tablica 11. Rezultati ispitivanja 2T₁ kvalitete (C-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	3.76	444	6.2	483	3.4	3.50	
2	3.73	442	6.2	468	3.0	3.38	
3	3.75	442	6.1	475	3.3	3.57	
4	3.75	444	6.1	450	3.2	3.43	
5	3.76	439	6.0	501	3.1	3.46	
6	3.68	442	6.1	552	3.3	3.58	
7	3.75	441	6.3	523	3.2	3.66	
8	3.74	443	6.2	549	3.2	3.61	
9	3.77	443	6.2	547	3.2	3.54	
10	3.74	441	6.2	625	3.1	3.47	
x	3.74	442	6.2	517	3.2	3,52	

Tablica 12. Rezultati ispitivanja 2T₂ kvalitete (C-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	3.82	400	6.1	418	2.9	3.26	183.8
2	3.77	395	6.1	447	3.0	3.34	193.0
3	3.77	397	6.3	442	2.8	3.18	215.9
4	3.80	395	6.1	415	3.1	3.09	175.3
5	3.79	398	6.2	420	2.8	3.16	180.1
6	3.82	399	6.2	488	3.0	3.22	203.1
7	3.80	397	6.0	470	2.9	3.33	192.8
8	3.78	400	6.3	403	3.0	3.14	171.0
9	3.80	394	6.0	462	3.0	3.30	189.0
10	3.78	400	6.2	438	2.9	3.39	184.0
x	3.79	397	6.2	440	3.0	3.24	188.8

Tablica 13. Rezultati ispitivanja BT₁ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.80	395	6.2	431	2.8	4.07	312.4
2	2.80	394	6.1	440	2.7	4.14	323.8
3	2.84	397	6.3	424	2.8	3.91	337.2
4	2.82	395	6.3	417	2.9	3.99	342.2
5	2.80	397	6.5	433	3.0	3.96	338.7
6	2.81	394	6.3	484	2.9	4.06	324.1
7	2.82	396	6.1	454	2.7	4.12	310.4
8	2.81	393	6.4	470	3.0	4.09	342.2
9	2.80	397	6.5	450	2.6	4.02	322.1
10	2.80	395	6.4	431	3.0	3.99	323.3
x	2.81	395	6.3	443	2.8	4.04	327.6

Tablica 14. Rezultati ispitivanja EBB₁ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.80	447	6.3	608	2.9	3.93	240.8
2	2.80	447	6.2	544	2.8	3.96	247.7
3	2.82	448	6.4	558	2.9	4.01	229.6
4	2.82	448	6.4	503	3.1	4.04	237.0
5	2.84	448	6.1	598	3.2	3.86	240.7
6	2.85	446	6.2	546	3.1	3.91	236.6
7	2.85	447	6.3	625	3.2	4.01	222.6
8	2.84	447	6.4	500	2.8	3.87	250.6
9	2.81	446	6.3	540	3.0	3.80	242.3
10	2.82	448	6.1	575	2.9	3.98	241.9
x	2.82	447	6.3	560	3.0	3.94	238.9

Tablica 15. Rezultati ispitivanja 2T₁ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.70	372	6.0	477	2.7	3.98	208.2
2	2.70	367	6.1	525	2.7	4.09	239.1
3	2.71	368	6.1	433	2.7	4.03	232.2
4	2.65	364	6.0	494	2.7	3.83	242.2
5	2.66	368	6.2	513	2.6	3.92	226.9
6	2.66	370	6.1	514	2.6	3.99	217.7
7	2.72	369	6.0	505	2.7	4.01	221.6
8	2.66	368	6.0	553	2.7	4.03	219.3
9	2.63	368	6.2	572	2.8	3.93	235.3
10	2.69	367	6.1	412	2.8	3.98	236.1
x	2.68	368	6.1	450	2.7	3.98	227.8

Tablica 16. Rezultati ispitivanja 2T2 kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.79	402	6.2	464	3.1	4.35	238.4
2	2.78	402	6.1	539	3.0	4.41	237.0
3	2.77	402	6.1	507	3.1	4.19	237.9
4	2.78	402	6.0	406	3.1	4.12	245.4
5	2.80	404	6.2	440	3.2	4.32	258.2
6	2.78	403	6.2	494	3.0	4.40	259.0
7	2.77	404	6.0	491	3.2	4.36	233.0
8	2.77	403	6.2	514	3.1	4.23	249.1
9	2.78	402	6.1	600	3.1	4.26	243.2
10	2.77	403	6.1	558	3.0	4.31	243.9
x	2.78	403	6.1	501	3.1	4.29	244.5

Tablica 17. Rezultati ispitivanja KT1 kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.80	370	6.0	602	2.8	3.92	235.4
2	2.80	368	6.2	593	2.8	4.02	239.3
3	2.80	367	6.1	569	3.1	3.90	229.8
4	2.85	364	6.1	599	3.0	3.98	236.0
5	2.84	370	6.2	579	3.1	3.86	246.6
6	2.80	369	6.2	751	3.0	3.96	242.4
7	2.85	368	6.0	732	3.1	4.03	230.9
8	2.80	368	6.1	755	3.1	3.89	216.8
9	2.86	370	6.0	653	3.0	3.91	232.1
10	2.83	369	6.1	743	2.8	3.97	226.5
x	2.82	368	6.1	658	3.0	3.94	233.5

Tablica 18. Rezultati ispitivanja BT₂ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.81	365	6.2	534	2.8	4.03	226.3
2	2.80	365	6.2	560	2.6	4.47	233.8
3	2.80	369	6.0	496	2.8	4.29	230.9
4	2.81	368	6.3	517	2.9	4.32	215.8
5	2.82	363	6.3	485	2.9	4.21	217.6
6	2.83	366	6.4	523	2.8	4.18	218.2
7	2.80	366	6.2	563	2.7	4.14	213.7
8	2.80	367	6.2	547	2.7	4.24	233.9
9	2.81	365	6.1	572	2.8	4.37	217.5
10	2.82	368	6.2	512	2.7	4.26	230.1
x	2.81	366	6.2	531	2.8	4.25	223.8

Tablica 19. Rezultati ispitivanja EBB₂ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.88	477	6.0	616	3.4	4.35	292.4
2	2.88	477	6.0	581	3.4	4.41	277.9
3	2.89	480	6.2	549	3.2	4.51	266.4
4	2.88	476	6.3	527	3.7	4.23	279.5
5	2.88	478	6.3	637	3.5	4.26	285.3
6	2.89	475	6.3	422	3.6	4.06	273.8
7	2.87	479	6.1	499	3.3	3.14	297.8
8	2.87	478	6.2	499	3.3	4.44	284.1
9	2.88	477	6.0	588	3.4	4.32	269.5
10	2.88	478	6.2	541	3.4	4.17	303.2
x	2.88	478	6.2	554	3.4	4.29	282.9

Tablica 20. Rezultati ispitivanja EBB₃ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.82	475	6.0	594	3.6	4.78	280.7
2	2.86	477	6.3	645	3.6	4.59	280.4
3	2.86	474	6.2	575	3.6	4.66	285.0
4	2.84	477	6.1	632	3.6	4.63	298.4
5	2.84	477	6.4	606	3.7	4.57	307.7
6	2.88	476	6.3	606	3.8	4.49	297.3
7	2.88	473	6.3	581	3.8	4.71	289.7
8	2.83	475	6.2	589	3.6	4.43	294.3
9	2.86	476	6.3	620	3.5	4.76	302.9
10	2.84	476	6.4	598	3.5	4.67	306.5
x	2.85	476	6.3	605	3.6	4.65	294.3

Tablica 21. Rezultati ispitivanja 2T₃ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.85	401	6.0	454	3.0	4.13	241.3
2	2.84	402	6.0	466	3.2	4.18	251.3
3	2.87	400	6.0	515	3.1	3.88	204.3
4	2.88	400	6.0	528	2.9	3.95	220.5
5	2.86	403	6.5	458	2.9	4.20	211.1
6	2.83	402	6.8	482	2.9	4.00	225.4
7	2.81	401	6.3	434	3.2	4.25	232.9
8	2.88	401	6.1	405	3.1	4.02	219.8
9	2.86	404	6.3	474	3.2	4.07	227.7
10	2.87	401	6.4	524	3.0	4.32	226.2
x	2.85	401	6.3	474	3.0	4.10	226.1

Tablica 22. Rezultati ispitivanja KT₂ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.88	392	6.1	505	3.2	3.62	
2	2.88	391	6.0	575	3.0	3.46	
3	2.88	395	6.0	584	3.1	3.40	
4	2.88	392	6.2	682	3.2	3.45	
5	2.89	393	6.1	632	3.0	3.62	
6	2.89	393	6.1	663	3.1	3.64	
7	2.87	394	6.4	762	3.1	3.24	
8	2.87	392	6.5	787	3.2	3.56	
9	2.87	390	6.0	661	3.4	3.44	
10	2.89	395	6.0	769	3.4	3.78	
x	2.88	393	6.1	662	3.1	3.51	

Tablica 23. Rezultati ispitivanja KT₃ kvalitete (B-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	2.81	376	7.0	623	2.9	3.43	198.3
2	2.85	375	6.4	658	2.9	3.72	195.4
3	2.83	378	6.4	579	3.0	3.62	202.0
4	3.86	376	6.7	630	2.8	3.68	201.1
5	2.85	378	7.0	662	2.9	3.85	201.8
6	2.85	376	6.8	680	2.8	3.66	201.4
7	2.85	377	6.8	639	2.8	3.52	196.3
8	2.83	378	6.2	683	2.9	3.56	201.5
9	2.87	375	7.1	694	2.7	3.76	195.2
10	2.85	376	6.8	667	3.0	3.74	197.0
x	2.84	376	6.8	652	2.9	3.64	199.0

Tablica 24. Rezultati ispitivanja TŠ₁ kvalitete (C-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	3.71	367	6.0	379	2.7	2.47	200.3
2	3.74	364	6.3	397	2.6	2.67	173.6
3	3.60	370	6.5	328	2.7	2.41	194.4
4	3.70	366	6.3	362	2.8	2.58	193.2
5	3.66	366	6.0	367	2.8	2.87	195.0
6	3.72	365	6.0	482	2.5	2.81	181.8
7	3.73	368	6.1	468	2.5	2.51	178.1
8	3.66	361	6.1	417	2.6	2.60	168.6
9	3.68	364	6.3	446	2.6	2.77	187.3
10	3.67	371	6.4	446	2.7	2.68	190.0
x	3.67	366	6.2	409	2.7	2.64	186.2

Tablica 25. Rezultati ispitivanja TŠ₂ kvalitete (C-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	3.52	373	6.0	341	2.5	2.42	184.9
2	3.52	377	6.4	332	2.5	2.40	189.8
3	3.52	373	6.2	341	2.5	2.38	197.1
4	3.50	375	6.1	342	2.6	2.47	193.9
5	3.50	377	6.1	337	2.5	2.42	201.6
6	3.53	375	6.2	336	2.5	2.40	192.9
7	3.53	374	6.2	431	2.6	2.36	164.3
8	3.58	376	6.1	336	2.5	2.51	173.5
9	3.58	377	6.0	431	2.6	2.37	191.2
10	3.53	373	6.1	384	2.5	2.41	186.6
x	3.53	375	6.1	361	2.5	2.41	187.6

Tablica 26. Rezultati ispitivanja BT₁ kvalitete (C-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)	ECT (kN/m)	FCT (kPa)
1	3.76	409	61	474	3.1	3.04	
2	3.78	407	6.3	516	3.2	2.84	
3	3.85	409	6.3	513	2.9	3.06	
4	3.85	410	6.2	516	2.8	2.98	
5	3.85	411	6.1	513	3.0	3.01	
6	3.82	412	6.1	611	3.0	3.14	
7	3.84	408	6.1	624	3.2	3.16	
8	3.84	407	6.4	594	3.2	3.36	
9	3.82	409	6.1	629	3.1	3.22	
10	3.84	410	6.3	611	3.1	3.19	
x	3.82	409	6.1	560	3.1	3.10	

Tablica 27. Rezultati ispitivanja 2T₁ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.44	350	6.2	417	2.4
2	1.45	341	6.1	415	2.4
3	1.43	346	6.0	407	2.4
4	1.44	347	6.3	415	2.4
5	1.44	347	6.3	404	2.4
6	1.45	344	6.0	433	2.4
7	1.44	346	6.3	439	2.4
8	1.44	347	6.1	443	2.4
9	1.44	348	6.1	447	2.4
10	1.44	350	6.2	446	2.4
x	1.44	347	6.2	427	2.4

Tablica 28. Rezultati ispitivanja 2T₂ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.47	356	6.0	526	2.4
2	1.47	356	6.1	530	2.3
3	1.47	357	6.1	478	2.4
4	1.48	354	6.3	527	2.5
5	1.48	359	6.0	521	2.5
6	1.48	356	6.0	498	2.5
7	1.47	357	6.1	505	2.4
8	1.47	357	6.3	440	2.3
9	1.47	355	6.1	506	2.3
10	1.48	354	6.2	488	2.3
x	1.47	356	6.1	502	2.4

Tablica 29. Rezultati ispitivanja 2T₃ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.49	404	6.1	427	2.7
2	1.51	401	6.1	419	2.7
3	1.50	401	6.2	418	2.6
4	1.49	400	6.3	396	2.7
5	1.51	398	6.1	427	2.7
6	1.50	402	6.0	441	2.6
7	1.52	400	6.1	417	2.7
8	1.50	399	6.2	455	2.8
9	1.51	401	6.2	441	2.7
10	1.52	403	6.1	481	2.6
x	1.50	401	6.1	432	2.7

Tablica 30. Rezultati ispitivanja EBB₁ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.47	435	6.0	436	2.5
2	1.48	434	6.0	396	2.6
3	1.48	439	6.0	379	2.6
4	1.48	441	6.0	447	2.7
5	1.47	433	6.0	438	2.7
6	1.47	434	6.0	512	2.7
7	1.48	435	6.0	462	2.6
8	1.48	436	6.0	502	2.6
9	1.48	440	6.0	528	2.4
10	1.48	433	6.0	494	2.5
x	1.48	436	6.0	459	2.6

Tablica 31. Rezultati ispitivanja EBB₂ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.46	431	6.0	449	2.5
2	1.48	430	6.1	409	2.5
3	1.47	433	6.1	450	2.5
4	1.45	430	6.0	490	2.6
5	1.46	431	6.0	415	2.6
6	1.46	430	6.1	462	2.6
7	1.47	432	6.1	431	2.7
8	1.46	432	6.1	445	2.4
9	1.45	431	6.1	428	2.4
10	1.46	434	6.1	440	2.5
x	1.46	431	6.1	437	2.5

Tablica 32. Rezultati ispitivanja EBB₂ kvalitete (E-val) valovite ljepenke

UZORAK	Debljina valovitog kartona (mm)	Gramatura	Vlaga (%)	Mullen (kPa)	Dinamičko probijanje (J)
1	1.46	431	6.0	449	2.5
2	1.48	430	6.1	409	2.5
3	1.47	433	6.1	450	2.5
4	1.45	430	6.0	490	2.6
5	1.46	431	6.0	415	2.6
6	1.46	430	6.1	462	2.6
7	1.47	432	6.1	431	2.7
8	1.46	432	6.1	445	2.4
9	1.45	431	6.1	428	2.4
10	1.46	434	6.1	440	2.5
x	1.46	431	6.1	437	2.5

Tablica 33. Rezultati ispitivanja papira Bijeli testliner 180 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m ²)	Mullen (kPa)
1	179	322
2	178	337
3	179	299
4	181	339
5	182	305
6	180	338
7	180	305
8	179	326
9	181	288
10	181	332
x	180	319

Tablica 34. Rezultati ispitivanja papira Bijeli testliner 160 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	155	296
2	156	261
3	157	294
4	158	302
5	160	268
6	159	274
7	156	269
8	156	266
9	156	291
10	156	300
x	157	282

Tablica 35. Rezultati ispitivanja papira Bijeli testliner 135 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	133	219
2	132	220
3	133	209
4	133	240
5	134	210
6	133	209
7	132	214
8	134	217
9	133	210
10	132	216
x	133	216

Tablica 36. Rezultati ispitivanja papira Bijeli testliner 130 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	128	309
2	128	254
3	129	284
4	128	311
5	128	291
6	129	311
7	130	287
8	128	307
9	129	311
10	128	286
x	128	295

Tablica 37. Rezultati ispitivanja papira Testliner 165 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	162	297
2	163	318
3	167	338
4	167	357
5	167	299
6	162	303
7	161	297
8	163	349
9	167	310
10	161	316
x	164	318

Tablica 38. Rezultati ispitivanja papira Testliner 130 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	128	296
2	127	291
3	126	310
4	126	296
5	127	299
6	126	289
7	127	315
8	125	292
9	126	288
10	124	283
x	126	295

Tablica 39. Rezultati ispitivanja papira Testliner 110 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	109	243
2	110	233
3	108	214
4	110	215
5	110	211
6	110	225
7	111	154
8	111	151
9	109	158
10	110	169
x	110	197

Tablica 40. Rezultati ispitivanja papira Testliner 100 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	100	224
2	99	214
3	99	220
4	102	201
5	96	197
6	98	228
7	100	255
8	100	225
9	99	236
10	98	219
x	99	222

Tablica 41. Rezultati ispitivanja papira Šrenc 100 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	Mullen (kPa)
1	103	129
2	100	139
3	100	113
4	101	127
5	101	140
6	100	109
7	100	116
8	101	133
9	100	124
10	100	130
x	100	126

Tablica 42. Rezultati ispitivanja papira Šrenc 90 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m ²)	Mullen (kPa)
1	91	143
2	91	144
3	92	147
4	92	126
5	93	137
6	91	141
7	91	136
8	92	127
9	91	129
10	91	133
x	91	136

Tablica 43. Rezultati ispitivanja papira Kraft 125 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m ²)	Mullen (kPa)
1	123	457
2	125	345
3	124	391
4	124	395
5	124	394
6	125	412
7	123	416
8	122	352
9	124	432
10	124	369
x	124	396

Tablica 44. Rezultati ispitivanja papira Fluting 145 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m ²)	CMT (N)
1	143	420
2	142	376
3	141	285
4	145	287
5	146	262
6	146	284
7	143	328
8	145	320
9	146	250
10	145	264
x	144	246

Tablica 45. Rezultati ispitivanja papira Fluting 127 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m ²)	CMT (N)
1	127	324
2	127	396
3	126	336
4	127	355
5	126	379
6	126	381
7	130	388
8	130	414
9	127	346
10	129	365
x	127	294

Tablica 46. Rezultati ispitivanja papira Fluting 100 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	CMT (N)
1	101	272
2	102	282
3	102	235
4	102	234
5	101	239
6	101	233
7	101	237
8	103	233
9	101	237
10	101	236
x	101	195

Tablica 47. Rezultati ispitivanja papira Fluting 90 g/m²

UZORAK	Gramatura (g/m²)	CMT (N)
1	92	179
2	93	191
3	91	195
4	89	183
5	89	182
6	90	188
7	92	180
8	93	171
9	92	184
10	90	182
x	91	146

